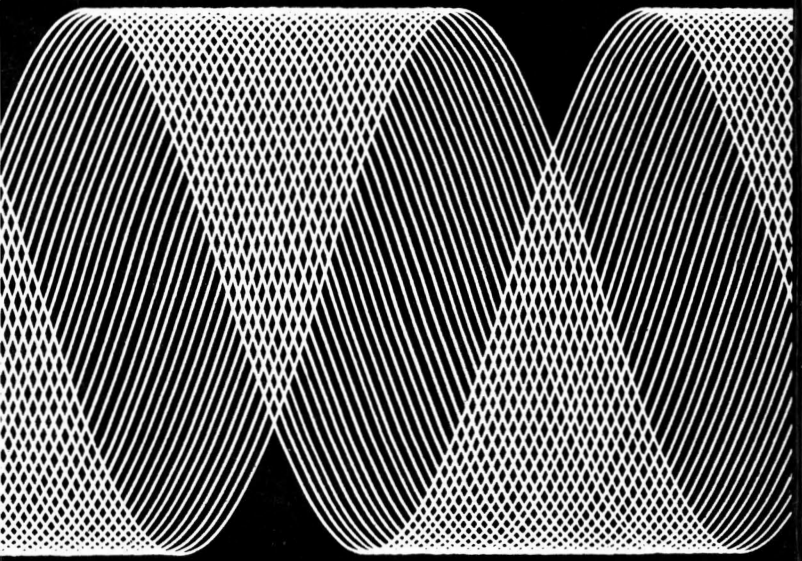
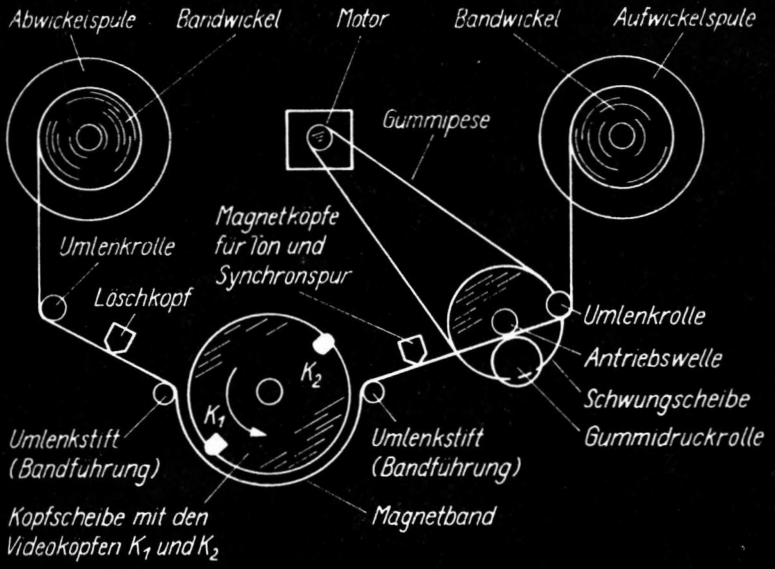
amateurreihe

electronica





A. Geyer
R. Schultze

177

Magnetische Bildspeichertechnik Teil I

LEER

electronica · Band 177

ARMIN GEYER · ROLF SCHULTZE

Magnetische Bildspeichertechnik Teil 1

MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK

© Militärverlag der
Deutschen Demokratischen Republik (VEB) — Berlin, 1979

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 4

1. Grundlagen der magnetischen Speicherung 5

2. Anforderungen an das Speichersystem 14

2.1. FBAS-Signal 16
2.2. Verzerrungen des FBAS-Signals 17
2.3. Störerscheinungen des FBAS-Signals 20
2.4. Magnetische Bildspeicherverfahren 29

3. Aufbau der Fernsehbandgeräte nach dem Schrägspurverfahren 34

3.1. Fernsehbandgerät *MTV 10* 34
3.1.1. Mechanischer Aufbau 35
3.1.2. Signalweg bei Aufnahme 36
3.1.3. Signalweg bei Wiedergabe 39
3.1.4. Servoteil 39
3.2. Fernsehbandgerät *MTV 20* 41
3.2.1. VCR-Kassette 42
3.2.2. Mechanischer Aufbau 44
3.2.3. Y-Signalweg bei Aufnahme 47
3.2.4. Y-Signalweg bei Wiedergabe 51
3.2.5. Chrominanzsignal bei Aufnahme 51
3.2.6. Chrominanzsignal bei Wiedergabe 53
3.2.7. Kopfservo 55
3.2.8. Bandservo 57
3.3. Technische Daten weiterer Fernsehbandgeräte 59

4. Videomagnetbänder 81

5. Videomagnetköpfe 89

Vorwort

Die Anwendungsmöglichkeiten der magnetischen Bildspeicherung sind sehr vielseitig. Zweckmäßig wird das Verfahren dort eingesetzt, wo die Wesensmerkmale des magnetischen Verfahrens, nämlich die sofortige Wiedergabebereitschaft sowie die Löschbarkeit und Wiederverwendbarkeit des Magnetbands, betriebliche Vorteile bringen. Im Hinblick auf die unterschiedlichen Anforderungen lassen sich verschiedene Anwendungsbereiche abgrenzen, die eng mit den einzelnen Gerätetypen, Gerätesystemen und Aufzeichnungsverfahren zusammenhängen. Die vorliegende Broschüre konzentriert sich auf die magnetische Bildspeicherung für das angewandte Fernsehen in Industrie, Wirtschaft, Unterricht, Ausbildung und Erziehung. Es wird daher nur auf Fernsehbandgeräte und die Meß- und Anwendungstechnik einer mittleren Qualitätsstufe näher eingegangen. Schwergewicht einer künftigen Anwendung dürfte im Amateurbereich, sei es durch den Mitschnitt von Fernsehsendungen oder durch die Eigenproduktion kleiner Programme, liegen. Daher enthält die Broschüre auch Daten weiterentwickelter Kassettensysteme für diese Anwendungen und Hinweise zum Selbstbau von peripheren Zusatzgeräten.
Im ersten Teil wird u. a. auf die Grundlagen der magnetischen Speicherung einschließlich der Besonderheiten bei der Bildspeicherung eingegangen. Es werden Aufbau und Wirkungsweise einfacher Fernsehbandgeräte beschrieben. Im zweiten Teil wird der Praktiker angesprochen. Die Broschüre berücksichtigt nur Speichersysteme, die mit Magnetband arbeiten. Andere magnetische Speicherverfahren mit Magnetplatten oder Magnetkarten blieben bewußt unberücksichtigt, weil auf diesen Gebieten der gleiche Entwicklungsstand noch nicht erreicht ist.

Dessau, im September 1977

Armin Geyer · Rolf Schultze

1. Grundlagen der magnetischen Speicherung

Das Problem der magnetischen Speicherung von Fernsehsignalen ist naturgemäß schwieriger als die alleinige Speicherung von Sprache und Musik. Beiden Verfahren ist gemeinsam, daß eine zeitabhängige Größe, das Audio- bzw. Videosignal, in eine örtlich verteilte Remanenz auf dem Magnetband umgewandelt wird. Während die magnetische Tonaufzeichnung mit einem Frequenzbereich von 30 Hz bis 18 kHz auskommt, soll das Fernsehbandgerät möglichst das gesamte Videosignal mit einem Frequenzbereich von 0 bis 5 MHz verarbeiten. Mit der Annahme einer minimalen Signalwellenlänge von 2 μm ergibt sich aus dem Grundgesetz der Magnetbandspeicherung

$$v = \lambda f ,$$

v — Arbeitsgeschwindigkeit, λ — Signalwellenlänge, f — Frequenz, eine erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit von 10 m · s^{-1}. Fließt durch die Aufzeichnungskopfwicklung ein Wechselstrom

$$i = i_0 \sin \omega t ,$$

so wird in dessen Kern eine magnetische Induktion erzeugt, deren zeitlicher Verlauf jenem des Stromes i entspricht. Das magnetische Feld magnetisiert im Bereich des Kopfspalts die Magnetschicht des vorbeilaufenden Bandes; zurück bleibt die sogenannte remanente Polarisation I_R, deren magnetischer Flußverlauf

$$\Phi_R = \Phi_0 \sin \omega t$$

bzw.

$$\Phi_R = \Phi_0 \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

entspricht. Da sich die Polarität des Wechselstroms i nach einer halben Periodendauer umkehrt, wird jeweils auch das Magnetfeld umgekehrt. Dabei werden „kleine Stabmagnete" auf dem Magnetband erzeugt, die mit den gleichnamigen Polen aneinanderliegen. Führt man das magnetisierte Videomagnetband am Wiedergabe-

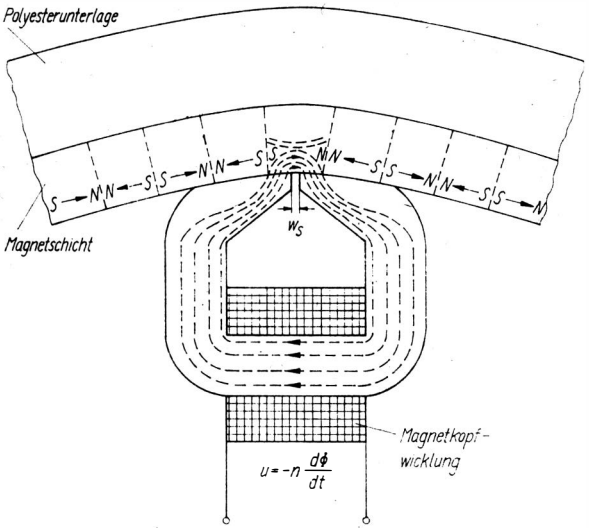


Bild 1.1 Videomagnetkopf und Videomagnetband bei Wiedergabe

kopf vorbei (Bild 1.1), so wird der aus dem Magnetband heraustretende magnetische Bandfluß über das hochpermeable Paket des Wiedergabekopfs kurzgeschlossen. Nach dem Induktionsgesetz induziert sich in der Spule des Wiedergabekopfs mit n Windungen eine Spannung

$$u = -n \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}.$$

Bei einer sinusförmigen Magnetisierung gilt für den Verlauf der induzierten Spannung

$$u = -n\omega \Phi_0 \cos \omega t;$$

die induzierte Spannung u steigt also proportional mit ω an. Die Spannung verdoppelt sich mit Verdopplung der Frequenz. Dieser „ideale Verlauf" unterliegt dämpfenden Einflüssen, die besonders ausgeprägt bei der Videospeicherung auftreten.

Schichtdickenverluste

Bei einer Aufzeichnung mit optimalem Aufzeichnungsstrom, der

die größte Wiedergabespannung ergibt, wird abhängig von der Größe der Signalwellenlänge λ nur noch ein Teil der Gesamtschichtdicke d des Videobands (und damit des remanenten Flusses Φ_R), die sogenannte *wirksame Schichtdicke* ϑ, bei der Wiedergabe ausgenutzt. Sie errechnet sich zu

$$\vartheta = d \cdot \frac{1 - e^{-\frac{2\pi d}{\lambda}}}{\frac{2\pi d}{\lambda}},$$

d — Dicke der magnetisch aktiven Schicht, für die Magnetschichtpermeabilität $\mu_r = 1$. (Bei den Oxidbändern beträgt $\mu_r = 1{,}2$ bis $\mu_r = 2$.) Amateurvideobänder haben eine Schichtdicke von 3 bis 6 μm. Bei Studiovideobändern beträgt sie, um eine hohe Aussteuerbarkeit im Tonkanal zu erreichen, bis zu 10 μm. Für $\lambda < d$ vereinfacht sich die Gleichung zu

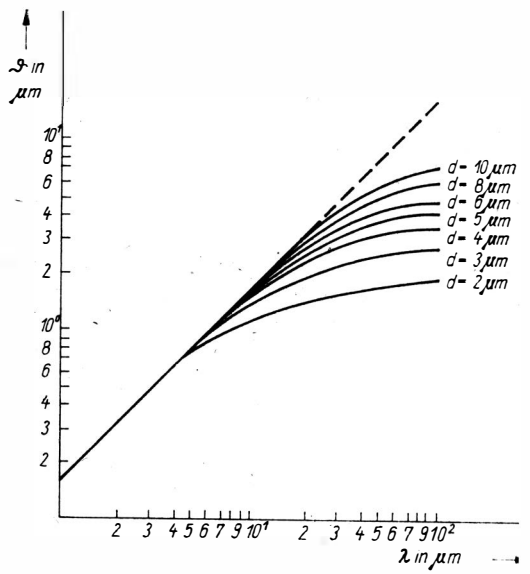


Bild 1.2 Wirksame Schichtdicke ϑ als Funktion der Signalwellenlänge. Parameter: Dicke der magnetisch aktiven Schicht

$$\vartheta \approx \frac{\lambda}{2\pi},$$

d. h., die wirksame Schichtdicke ist nur noch eine Funktion der Signalwellenlänge (Bild 1.2). Dem VCR-Videosystem ist im statischen TF-Hubbereich (Trägerfrequenz) des Luminanzsignals der Wellenlängenbereich von 1,8 bis 2,7 μm und für die Farbträger der Bereich $\lambda = (10 \ldots 16)$ μm zuzuordnen. Damit liegt die wirksame Schichtdicke ϑ in der gleichen Größenordnung wie die nach *TGL 0-4762* gemessenen Werte für die Rauhtiefe der Videobänder und Videomagnetköpfe. Die tatsächliche Schichtdicke d bringt bezüglich der Abtastung weder Vor- noch Nachteile. Es liegt ein reiner Oberflächeneffekt vor.

Abstandsverluste

Neben den Schichtdickenverlusten ist bei der magnetischen Videospeicherung der Band-Kopf-Abstand a maßgebend. Der Frequenzgang fällt exponentiell mit a ab:

$$D_{a/dB} = -20 \lg e^{-\frac{2\pi a}{\lambda}} = 54{,}5 \frac{a}{\lambda}.$$

$a = \lambda$ bedeutet einen Pegelabfall von 54,5 dB (Bild 1.3). Abstandsverluste können beim Aufzeichnungs- und Wiedergabevorgang auftreten. In Näherung wird bei der Aufnahme mit den gleichen Verlusten gerechnet.

Spaltverluste

Liegt die Signalwellenlänge in der Größenordnung der Spaltausdehnung in x-Richtung, so schließt sich ein größerer Teil des Flusses über dem Spalt, ohne in den Kern einzutreten. Diese Verluste lassen sich nach

$$s = \frac{\sin x}{x},$$

mit $x = \frac{\pi w_s}{\lambda}$,

w_s — wirksame Spaltweite, berechnen.

Gilt $\lambda = w_s$, so schließen sich keine Kraftlinien mehr über dem Kern des Wiedergabekopfs, und die Induktion in der Magnetkopfspule ist dann gleich Null. Dieser Nulldurchgang wird als

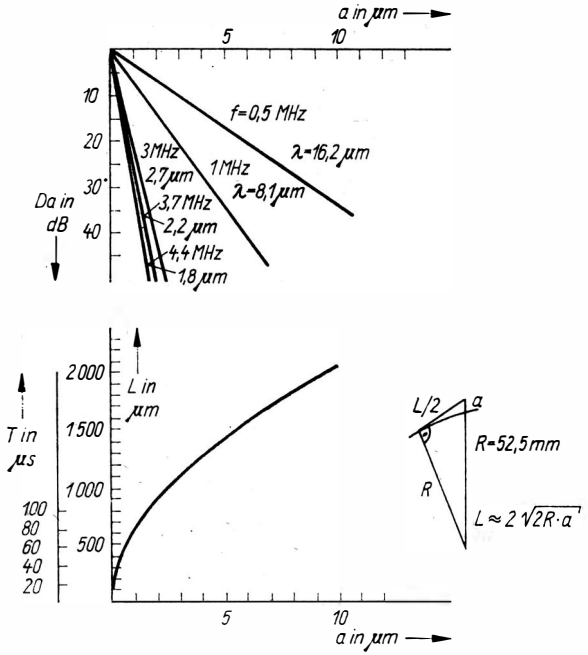
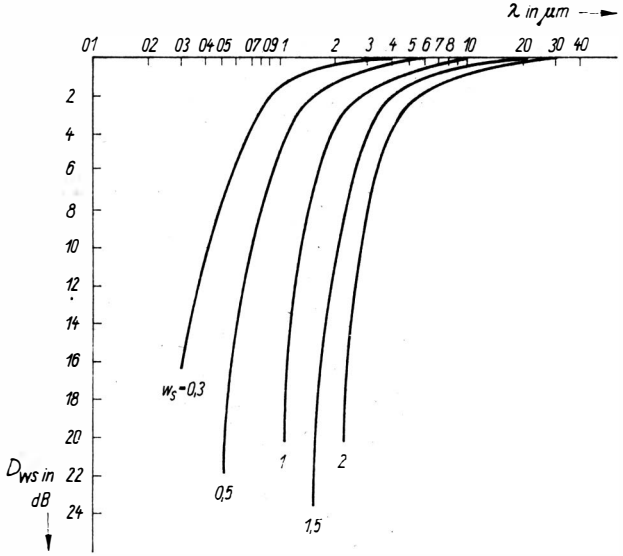


Bild 1.3 Abstandsdämpfung D_a als Funktion der Signalwellenlänge λ bzw. der Frequenz f für das VCR-System; Störungslänge unter Annahme einer tangentialen Störung

1. Nullstelle bezeichnet und dient zur Ermittlung der *wirksamen elektrischen Spaltweite* w_s. In Bild 1.4 ist die Spaltdämpfung als Funktion der Signalwellenlänge für die wirksamen Spaltweiten 0,3 µm, 0,6 µm, 1 µm, 1,5 µm, 2 µm aufgetragen. Daraus ist zu ersehen, daß die Spaltweite des Videokopfs beim VCR-System $w_s < 1$ µm betragen muß.

Spaltneigungsverluste

Ein bei der Wiedergabe nicht exakt parallel zur Aufzeichnungsrichtung eingestellter Wiedergabekopfspalt führt in Abhängigkeit vom Grad der Schiefstellung zu erheblichen Pegelverlusten. Diese sogenannten *Spaltneigungsverluste* folgen ebenfalls der Spaltfunktion:



1.4 Spaltdämpfung $D_{ws} = -20 \lg \frac{\sin \frac{\pi w_s}{\lambda}}{\frac{\pi w_s}{\lambda}}$ als Funktion der Signalwellenlänge λ. Parameter: Spaltweite des Wiedergabekopfs

$$s' = \frac{\sin x'}{x'};$$

mit $x' = \frac{\pi w_s'}{\lambda}$, $w_s' = b \tan \alpha$, b — Spurbreite, α — Spaltneigungswinkel zwischen Aufzeichnung und Wiedergabe (Bild 1.5). Da in der Videotechnik analog zur Audioamateurtechnik kombinierte Aufzeichnungs-Wiedergabeköpfe eingesetzt werden, spielen diese Verluste bei der Kompatibilität von Aufzeichnungen zwischen Geräten der gleichen Klasse eine Rolle. Ein Spaltneigungswinkel von $\alpha = 24'$ bedeutet beim VCR-System mit $b = 130\ \mu$m bei $\lambda = 2\ \mu$m schon einen Pegelabfall von > 3 dB. Die Spaltneigungsverluste werden beim VCR- Longplay-Verfahren zur Erhöhung der Speicherdichte ausgenutzt. Zwischen den Videoköpfen 1 und 2

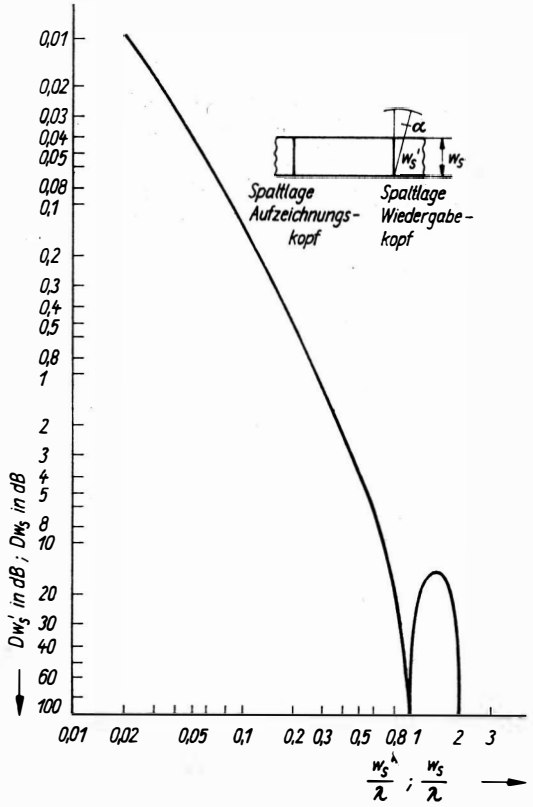


Bild 1.5 Spaltdämpfung D_{ws} bzw. Spaltneigungsdämpfung D'_{ws} als Funktion von

$\frac{w_s}{\lambda}$ bzw. $\frac{w'_s}{\lambda}$; $-20 \lg \frac{\sin x}{x}$ mit $x = \frac{\pi w'_s}{\lambda}$ und

$w'_s = b \tan \alpha$

beträgt der Spaltneigungswinkel $\pm 15°$, so daß bei der Abtastung der Aufzeichnung kein Übersprechen auftritt, obwohl die Videospuren 1 und 2 eng aneinanderliegen.

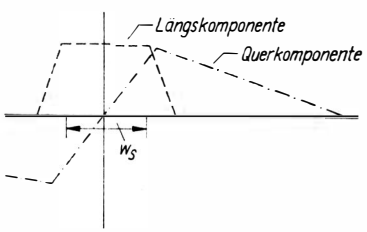
Eisen- oder Hystereseverluste

Diese Verluste entstehen im Kern des Videokopfs, weil für das

dauernde Ummagnetisieren des Kernmaterials Energie verbraucht wird. Sie sind frequenzabhängig und nehmen mit steigender Frequenz zu, sind durch geeignete Kopfkonstruktionen (Lamellierung bzw. in der Videotechnik durch die Verwendung von Ferritkernen) zu beeinflussen und werden empirisch ermittelt.

Löschwirkung der abspielenden Kante des Spaltfelds

Aus Bild 1.6 ersieht man, daß über dem geometrischen Spalt des Aufzeichnungskopfs im wesentlichen die Längskomponente wirkt, die in der Nähe der Spaltkante rasch auf Null abnimmt. Nach der Kante wirkt ein Feld senkrecht zum Band. Dieses Querfeld klingt sehr langsam ab. Sobald die Wellenlänge und die Strecke, über die das Feld abfällt, etwa gleich sind, unterliegt ein magnetisches Element beim Durchlaufen dieser Strecke dem pulsierenden, allmählich abnehmenden Querfeld, d. h., die in der Spaltmitte aufgezeichnete Magnetisierung wird wieder gelöscht. Diese Löschwirkung läßt sich dadurch vermindern, daß man Magnetschichten mit einer starken Anisotropie und mit der Vorzugsrichtung und Vorzugsebene in Richtung der Längskomponente des Spaltfelds



Feldkomponenten, schematisch

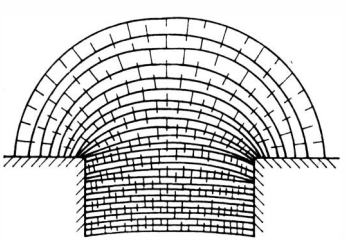


Bild 1.6
Streufeld am Spalt eines Ringkopfes (schematisch)

verwendet. Alle Oxid-Videobänder enthalten nadelförmige magnetische Pigmente, die während des Herstellungsprozesses magnetisch orientiert werden. Damit wird auch das entmagnetisierende Feld der einzelnen magnetischen Pigmentteilchen, das sich im Innern der Magnetschicht entgegen dem Kopffeld ausbildet, verringert. Eine Erhöhung der Koerzitivfeldstärke, wie bei den modernen High-Energy- und Chromdioxidbändern, verringert ebenfalls die Wirkung des entmagnetisierenden Feldes. Werden alle genannten Faktoren zusammengefaßt, so ergibt sich als Übertragungsfunktion für die Videospeicherung ein abfallender Kurvenverlauf. Der ω-Gang des Induktionsgesetzes wird durch die auftretenden Verluste mehr als kompensiert. Durch geeignete Maßnahmen im Aufnahme- und im Wiedergabekanal des Videospeichergeräts muß dieser Kurvenverlauf wieder ausgeglichen werden.

2. Anforderungen an das Speichersystem

Mit Hilfe der Fernsehtechnik werden die charakteristischen Merkmale des optischen Bildes, die Leuchtdichte und die Farbe, in einem festgelegten Zeitrhythmus für jedes Bildelement in elektrische Signale umgewandelt und übertragen. Für das Speichersystem sind bestimmte Eigenschaften zu fordern, die eine möglichst originalgetreue Wiedergabe des Bildes nach der Rückwandlung gewährleisten. Dabei richten sich die Anforderungen, die an das Speichersystem zu stellen sind, in erster Linie nach seinem Verwendungszweck. In der Praxis ist man aus rein ökonomischen Überlegungen für den Amateur- und semiprofessionellen Bereich dazu übergegangen, gewisse Qualitätsabstriche zuzulassen. Da beim Videosignal das Verhältnis von höchster zu niedrigster Frequenz (für Studioqualität 10 Hz bis 5 MHz) zu groß ist, kommt für die magnetische Speicherung nur ein Modulationsverfahren in Frage. Für die heute gebräuchlichen Fernsehbandgeräte wird die Frequenzmodulation verwendet. Der für die Modulation benötigte größere Raum im Frequenzband ist mit einer höheren Relativgeschwindigkeit Band/Kopf verbunden. Die Verfahren, mit denen sich die hohen Relativgeschwindigkeiten erreichen lassen, werden in Abschnitt 2.4. beschrieben.

Durch die Begrenzung der Wiedergabespannung des Magnetbands ist es möglich, die beim Abtastvorgang auftretenden Amplitudenschwankungen weitgehend zu eliminieren. Die Videofrequenzmodulation unterscheidet sich von der in der Nachrichtentechnik gebräuchlichen vor allem durch die niedrige Lage der Trägerfrequenz zur Videosignalfrequenz und durch das FM-Band, das durch die Übertragungskurve stark beschnitten wird. Die dadurch bedingten Übertragungsfehler müssen in Kauf genommen werden. Jedem Helligkeitswert des Bildes entspricht bei der FM-Aufzeichnung ein bestimmter Trägerfrequenzwert. Bei der Studioaufzeichnung wird das gesamte Videofrequenzband einschließlich der Farbinformation übertragen (Bild 2.1, Fall c). Für die Fernsehbandgeräte der unteren Preisklasse wird das Frequenzband unterhalb des Farbbereichs beschnitten, d. h., es ist nur eine Schwarz-Weiß-Übertragung (Fall a) oder eine Transponierung des Farb-

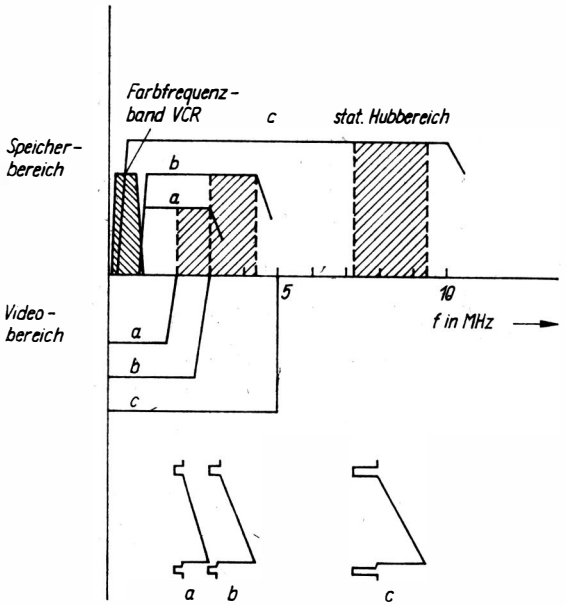


Bild 2.1 Schematische Darstellung der Frequenzbereiche; a — Fernsehbandgeräte der untersten Qualitätsklasse Schwarz-Weiß (z. B. *MTV 10*), b — VCR-System, Farbe mit transponiertem Farbsignal (z. B. *MTV 20*), c — Studio-Fernsehbandgeräte für High Band Norm (z. B. *Mavicord QR 302*)

trägers bei gleichzeitiger Farb-Frequenzbandbeschneidung (Fall b) möglich. Das für die Frequenzmodulation benötigte Frequenzband, d. h. die Anzahl und Größe der Seitenbandschwingungen, ist eine Funktion des Modulationsindex.

$$m = \frac{\Delta f}{f_m};$$

Δf — Frequenzhub, f_m — Videofrequenz.

Bei sehr tiefen Videofrequenzen gilt für den Modulationsindex $m \gg 1$, d. h., es ergeben sich sehr viele Seitenbandschwingungen, die alle innerhalb des statischen Hubbereichs liegen können, so daß die Möglichkeit einer verzerrungsfreien Übertragung besteht. Beim kleinsten Modulationsindex für die maximale Videofrequenz

(VCR-System $f_{max} = 3$ MHz, $\Delta f = 0{,}7$ MHz, $m = 0{,}23$) wird theoretisch eine Bandbreite von $2f_{max} + 2\Delta f$ benötigt, die aber nicht mehr vorhanden ist. Es wird für $m < 0{,}5$ praktisch nur noch das 1. untere Seitenband übertragen. Der durch die Bandbegrenzung verursachte Abfall bei den höheren Videofrequenzen kann durch die Anhebung des unteren Seitenbands beeinflußt werden. Abweichend vom FM-Rundfunk gibt es beim Videosignal keine konstante Trägerfrequenz, d. h., sie ändert sich je nach Bildinhalt (Bild 2.1).
Nach der wiedergabeseitigen Begrenzung liegt die Information nur noch in den Nulldurchgängen des Signals. Bei der Demodulation treten nur die Einflüsse auf, die die Nullstellen verschieben. Ein kleiner Modulationsindex m ist auch deshalb wichtig, damit nicht „umgeklappte untere Seitenbänder höherer Ordnung" in das benutzte Frequenzband fallen und moiréartige Störungen im BAS-Signal verursachen.

2.1. FBAS-Signal

Das in der Fernsehtechnik genormte FBAS-Signal setzt sich folgendermaßen zusammen (Bild 2.2):
F — kodierte Farbinformation;
B — Schwarz-Weiß-Bildinhalt;
A — Austastsignal, Schwarztastung für das S-Signal;
S — Synchronsignal für die Steuerung des Gleichlaufs (Bild V, Zeile H) des Signalgebers und -empfängers.
Das F-Signal besteht aus dem *Burst* — Referenzsignal für den Dekoder auf der hinteren Horizontalaustastung *(Pal)* — oder dem *Nullfarbträger* — zur Wiederherstellung des mittleren Bezugswerts für die Farbdifferenzsignale *(Secam)* —, dem *Farbinhalt* — kodierte Farbdifferenzsignale —, den *Kennimpulsen* — trapezförmige Impulse in den Zeilen 7 bis 15 des 1. Halbbilds und 320 bis 328 des 2. Halbbilds zur phasenrichtigen Synchronisation des Umschalters im Empfänger bzw. zur Farbkanalaufschaltung *(Secam)*.
Gebräuchliche Bezeichnungen für das BA-Signal sind Luminanz-, Leuchtdichte-, Helligkeits- und Y-Signal und für das F-Signal Farbart- oder Chrominanzsignal.

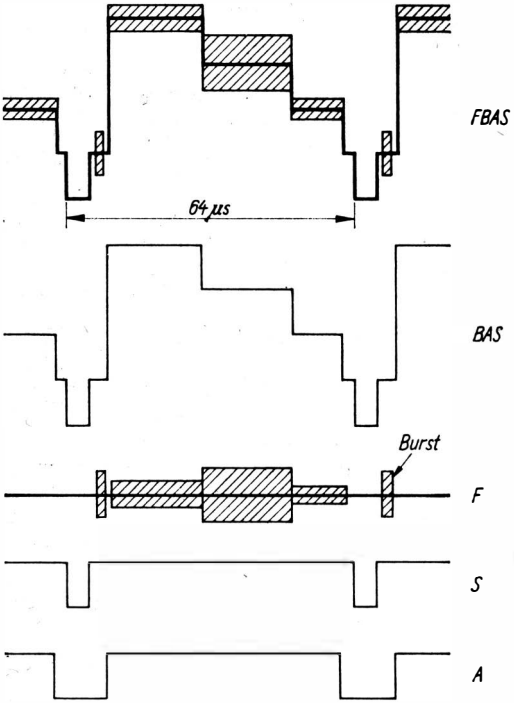


Bild 2.2 Aufbau/Zerlegung des Farbvideosignals FBAS; F — kodierte Farbinformation, S — Synchronsignal, A — Bildaustastung

Ausgehend vom FBAS-Signal, lassen sich Anforderungen an das Speichersystem ableiten.

2.2. Verzerrungen des FBAS-Signals

Bezüglich des FBAS-Signals unterscheidet man lineare und nichtlineare Verzerrungen.

— *Lineare Verzerrungen* sind Abweichungen vom linearen Amplitudenfrequenz- und Phasengang. Angaben für lineare Verzerrungen sind der Videofrequenz- und Phasengang, die Auflösung, die Bildschärfe, die Modulationstiefe und die differentielle Phase.

— Man spricht von *nichtlinearen Verzerrungen*, wenn zum Ursprungsfrequenzspektrum des Ausgangssignals auf Grund nichtlinearer Übertragungskennlinien neue Signalanteile hinzukommen. Als Kriterien für die nichtlinearen Verzerrungen werden die Abweichungen vom linearen Verlauf der Aussteuerungskurve, der Verlauf der Gradationskurve, entstehende Kombinationsfrequenzen (Klirrfaktor, Intermodulationsfaktor) und die differentielle Verstärkung angegeben.

Für Amateurvideorecorder werden von den Firmen nur Angaben zum Amplitudenfrequenzgang und zur Linearität des BA-Signals bei Aufzeichnung eines Sägezahnsignals gegeben. Die Meßverfahren und Grenzwerte sind in den Entwürfen *TGL 34642/01...04* und in den RGW-Standards *RS 5358-75, RS 5668-76* festgelegt (Tabelle 2.1.). Für die Bestimmung des Amplitudenfrequenzgangs

Tabelle 2.1. Technische Forderungen an Heimfernsehbandgeräte mit Kassetten nach dem Schrägspurverfahren *(TGL 34 642/03,* Entwurf 10/77 und *RS 5668-75)*

Videokanal	
Videorauschabstand	40 dB
Aplitudenfrequenzgang des Leuchtdichtesignals	2,7 MHz (— 26 dB)
Amplitudenfrequenzgang des Farbsignals bei 3,8 MHz und 4,85 MHz	6 dB
Impulsverhalten des Leuchtdichtesignals	
— Anstiegszeit	0,8 μs
— Überschwingen	20 %
Nichtlinearität zwischen Schwarz- und Weißpegel	10 %
Lage und Dauer der Bildlücke	5 Zeilen innerhalb der letzten 20 Zeilen
Schwankungen der Zeilenfrequenz zwischen 40 Hz und 625 Hz (s. Bild 2.10 und 2.11)	0,025 %
Videoeingang und -ausgang	75 Ω, 0,7 bis 1,4 V, S negativ
Modulatorausgang	Band IV, 75 Ω 1 bis 3 mV
Audiokanal	
Amplitudenfrequenzgang	0,1 bis 12 kHz
Klirrfaktor bei Vollaussteuerung und 1 kHz	5 %
Eingangsempfindlichkeit des Mikrofoneingangs	0,5 mV
Löschdämpfungsmaß	60 dB (RS 56 dB)

Fremdspannungsabstand	36 dB
Geräuschspannungsabstand	40 dB
Tonhöhenschwankung	0,3 %

Weitere Forderungen	
Transportgeschwindigkeit	142,9 mm · s^{-1}
Relative Abweichung vom Sollwert der Transportgeschwindigkeit	0,3 %
Umwickeldauer, bezogen auf Wiedergabezeit	
— Vorlauf	15 %
— Rücklauf	10 %
Laufgeräusch	55 dB (A)

im Luminanzkanal wird ein Signal entsprechend Bild 2.3 aufgezeichnet. Mit Hilfe des BAS-Mischers werden sinusförmige B-Signale unterschiedlicher Frequenz aufgezeichnet und in Stellung Wiedergabe selektiv ausgewertet. Bei Einstellung des optimalen Aufzeichnungsstroms für den jeweiligen Recordertyp und unter Beachtung des vorgesehenen Videobandtyps (Fe_2O_3-Videoband oder hochkoerzitives Videoband) hängt der Amplitudenfrequenzgang des Luminanzkanals fast ausschließlich vom Recorder ab, da die den TF-Übertragungsbereich bestimmenden Bandeigenschaften der einzelnen Typen (Schichtdicke, mittlerer Band-Kopf-Abstand, Koerzitivfeldstärke) eng zusammenliegen. Professionelle Fernsehbandgeräte haben Einstellregler im TF-Kanal, mit denen sich der Amplitudenfrequenzgang korrigieren läßt. Bei Amateurgeräten sind vielfach keine Einstellregler vorgesehen.
Als weiteres Linearitätsmaß ist im Standard die Messung des Impulsverhaltens im Luminanzkanal mit einem Signal nach Bild 2.4 vorgesehen, wobei bei der Wiedergabe eine oszillografische Auswertung durchgeführt wird. Den Amplitudenfrequenzgang im Farbkanal prüft man wie den des Leuchtdichtekanals,

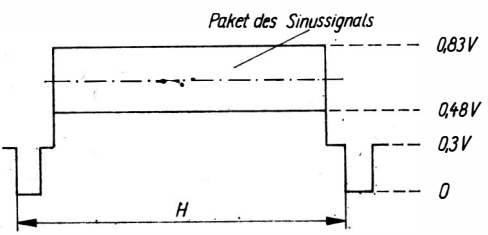


Bild 2.3 Meß-Videosignal zur Bestimmung des Amplitudenfrequenzgangs

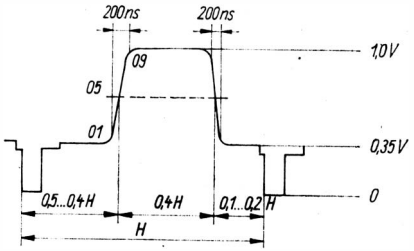


Bild 2.4
Meß-Videosignal zur Bestimmung des Impulsverhaltens

jedoch ist ein FBAS-Signal mit den Frequenzen $f_1 = 3{,}8$ MHz; $f_2 = 3{,}9$ MHz; $f_3 = 4{,}75$ MHz und $f_4 = 4{,}85$ MHz aufzuzeichnen *(TGL 34642/04)*. Die Frequenzen f_2 und f_3 sind die Bezugsfrequenzen zur Beurteilung des Amplitudenabfalls bei den Frequenzen f_1 und f_4.

Im TF-Bereich des umgesetzten Farbfrequenzbandes (Bild 2.1) können zwischen den einzelnen Bandtypen in Abhängigkeit von der Schichtdicke (Bild 1.2) und von der Pigmentpackungsdichte in der magnetisch aktiven Schicht Unterschiede von etwa 2 dB gemessen werden, die aber auf Grund des Aufzeichnungsverfahrens keinen Einfluß auf die Farbwiedergabe haben.

Der Meßwert für die nichtlinearen Verzerrungen bei Aufzeichnung und Wiedergabe eines Sägezahnsignals (Bild 2.5) wird ausschließlich vom Recorder selbst bestimmt, wie aus statischen Messungen der Modulator- und Demodulatorkennlinie zu ersehen ist.

2.3. Störerscheinungen des FBAS-Signals

Unter Störerscheinungen sollen der Rauschabstand im Videosignal, Störspannungen, Dropouts und die Forderungen an den Gleichlauf (Bild und Zeile) zusammengefaßt werden.

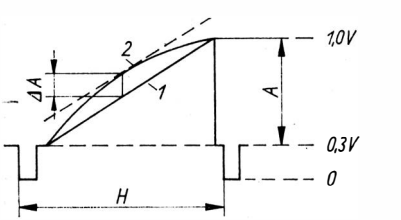


Bild 2.5
Meß-Videosignal zur Bestimmung der nichtlinearen Verzerrungen (Sägezahnsignal).
Maß für Nichtlinearität
$k = \frac{\Delta A}{A}$

Rauschabstand im Videosignal

Der Rauschabstand im Videosignal ist definiert als

$$D_r = 20 \lg \frac{U_{BA}}{U_r};$$

U_{BA} — Amplitude des wiedergegebenen BA-Signals (Weißpegel), U_r — Effektivwert der Rauschspannung, gemessen über einen Bandpaß mit einer Bandbegrenzung von 10 kHz und 5 MHz, Anzeigezeitkonstante 1 s.

Zur Bestimmung des Rauschabstands wird ein 30 %iges Grauwertsignal (Bild 2.6) nach vorherigem Abgleich des Fernsehbandgeräts auf optimale Aufzeichnungsstromstärke, Überprüfung des vorgeschriebenen Frequenzhubs und des Videoamplitudenfrequenzgangs aufgezeichnet. Bei der Wiedergabe ist auf optimale Trackingeinstellung (Spurlage) zu achten. Die Mindestwerte sind in Tabelle 2.1. angegeben und werden von den Recordertypen erreicht bzw. überboten. Prospektangaben beziehen sich häufig auf das Bewertungsfilter nach CCIR, das die visuell empfundene Störwirkung bei Annahme eines „Weißen Rauschens" berücksichtigt (Bild 2.7). Das führt zu Angaben, die wesentlich besser sein können als der nach RGW-Standard gemessene Wert (je nach Videobandbreite des Videorecorders). Der maximal erreichbare Rauschabstand im Videosignal hängt vom Recordertyp ab. In der Praxis wird er vom Videomagnetband entscheidend beeinflußt. Die Ursache liegt im Modulationsrauschen des Bandes, das sich aus den Rauschanteilen, bedingt durch den schwankenden Band-Kopf-Abstand (Oberflächenrauschen) und durch die Pigmenteigenschaften (Größe und Verteilung des magnetischen Pigments beeinflussen das Ruherauschen infolge des äußeren Feldes der ungeordneten *Weiß*schen Bezirke; das Ruherauschen des „ideal entmagnetisierten Bandes" wird bei Vorhandensein

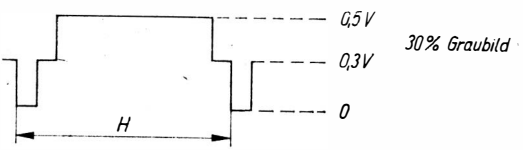


Bild 2.6 Meß-Videosignal zur Bestimmung des Rauschabstands (30 %iges Graubildsignal)

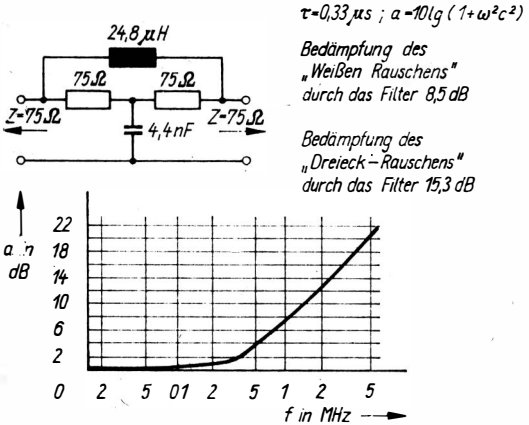


Bild 2.7 **Bewertungsfilter für die Rauschmessung nach *RFZ-Standard 56111***

einer Modulation „aktiviert"), zusammensetzt. Durchgeführte Untersuchungen ergaben, daß der Rauschabstand vor allem im tieffrequenten Bereich durch das Oberflächenrauschen beeinflußt wird. Für Recorder mit einer relativen Bandkopfgeschwindigkeit von 8 m/s wurde zwischen den einzelnen Bandtypen der maßgebende Unterschied im Frequenzbereich bis etwa 400 kHz gemessen. Dieser Unterschied läßt sich auch im TF-Bereich bei Aufzeichnung eines Signals U_{Tr} mit der Trägerfrequenz f_{Tr} nachweisen (Bild 2.8). Selektive Rauschmessungen bzw. frequenzbewertete Rauschmessungen werden daher bei der Produktionskontrolle zusätzlich durchgeführt. Die infolge des Oberflächenrauschens auftretende Modulation wird durch den Begrenzer des Fernsehbandgeräts nicht vollständig unterdrückt, bzw. kann sie durch lineare Verzerrungen des TF-Kanals zu einer Phasenmodulation führen.

Die Messung des Rauschabstands im Farbkanal ist für Recorder mit umgesetztem Farbträgerbereich bisher nicht vorgesehen, da der nach Bild 1.3 zu erwartende Einfluß des Oberflächenrauschens (schwankender Band-Kopf-Abstand) bei Aufzeichnung von Signalen mit größeren Wellenlängen wesentlich geringer ist.

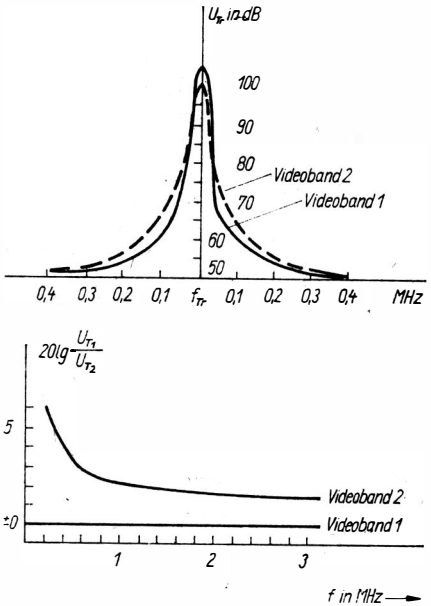


Bild 2.8 Selektiver Unterschied im Rauschabstand des Videosignals zwischen verschiedenen Bandtypen; a — Messung nach Standard bei Aufzeichnung eines Signals nach Bild 2.5 und selektiver Auswertung (*STV 301*, VEB Meßelektronik Berlin), b — Aufzeichnung eines Signals U_{TR} mit der Trägerfrequenz f_{TR} und selektiver Messung bei Wiedergabe

Störspannungen im FBAS-Signal

In Abschnitt 2. wurde schon darauf hingewiesen, daß „umgeklappte untere Seitenbänder höherer Ordnung" bei Aufzeichnung mittels Frequenzmodulation zu moiréartigen Störungen im FBAS-Signal führen können. Diese Störungen werden häufig bei Aufzeichnung von FBAS-Signalen mit hochfrequenten Anteilen großer Amplitude beobachtet und sind systembedingt und vom Recordertyp abhängig. Sie lassen sich nicht vollständig vermeiden. Nichtlineare Verzerrungen im TF-Kanal können durch quadratische Verzerrungen des Wiedergabeverstärkers bei Übersteuerung bzw. durch kubische Verzerrungen der Aussteuerungskurve des Magnetbands oder des Begrenzers verursacht werden. Diese wie-

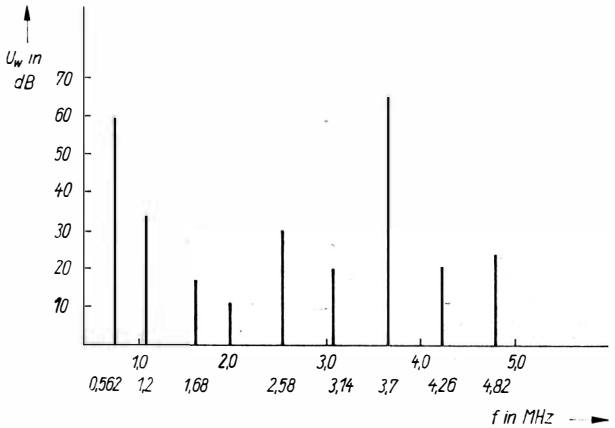


Bild 2.9 Nichtlineare Verzerrungen im TF-Kanal bei gleichzeitiger Aufzeichnung von Signalen der Frequenzen 0,562 MHz und 3,7 MHz im empfohlenen Arbeitspunkt eines VCR-Geräts

derum kommen als Ursache von Störungen im FBAS-Signal in Frage. Es wurden daher Untersuchungen an einem VCR-Recorder durchgeführt. Dabei wirkt das TF-Luminanzsignal als Vormagnetisierung für den transponierten Farbbereich. Bei gleichzeitiger Aufzeichnung von Signalen der Frequenzen $f_1 = 562{,}5$ kHz (im Farbbereich) und $f_2 = 3{,}7$ MHz (TF-Trägerfrequenz des 30%igen Grauwerts) entstehen an einer kubischen Kennlinie Mischprodukte mit den Frequenzen $3f_1 = 1{,}68$ MHz, $f_2 + 2f_1 = 4{,}82$ MHz und $f_2 - 2f_1 = 2{,}58$ MHz, die im TF-Kanal des BAS-Signals liegen. Werden zusätzliche quadratische Verzerrungen durch den Wiedergabeverstärker angenommen, so entstehen weitere Signale mit den Frequenzen $2f_1 = 1{,}12$ MHz, $f_2 + f_1 = 4{,}26$ MHz, $f_2 - f_1 = 3{,}14$ MHz und $f_2 - 3f_1 = 2$ MHz, die ebenfalls im TF-Kanal des BAS-Signals liegen. Diese Signale sind im Frequenzspektrum nachweisbar (Bild 2.9). Sie führen bei Einhaltung des in der Serviceanleitung angegebenen Arbeitspunktes *(TGL 34642-04, RS 5364-75)* noch nicht zu Moiréstörungen im BAS-Signal. Werden der Arbeitspunkt und das angegebene Verhältnis der Amplituden der TF-Signale verändert, so kann es bei Vergrößerung der Aufzeichnungsstromstärke des TF-Farbsignals zu starken

Moiréstörungen kommen. Der angegebene Arbeitspunkt ist also unbedingt einzuhalten. Messungen der Aussteuerungsfestigkeit des Aufnahme- und des Wiedergabeverstärkers ergaben eine ausreichende Aussteuerungsreserve, d. h., entscheidend sind die entstehenden kubischen Verzerrungen. Dabei können weitere Mischprodukte nach der Signalauftrennung TF-Luminanz, TF-Chrominanz vor der Demodulation an den Begrenzerstufen zwischen dem Trägersignal mit $f_2 = 3{,}7$ MHz und den durch das Magnetband verursachten Seitenbändern mit den zusätzlichen Frequenzen 1,46 MHz und 2 MHz entstehen. Als Hauptquelle der Moiréstörungen bei Übersteuerung durch den Farbträger wurde das demodulierte Signal der Frequenz $(f_2 \pm 2f_1)$ mit der Frequenz $2f_1 = 1{,}12$ MHz gemessen. Anwendungstechnische Untersuchungen mit erhöhter TF-Chrominanzaufzeichnungsstromstärke über den vorgeschriebenen Arbeitspunkt bestätigen die Moiréstörungen im Luminanzkanal und deren feste Verkopplung mit der Zeilenfrequenz beim VCR-System.

Dropoutstörungen im FBAS-Signal

Dropouts sind kurzzeitige, impulshafte Pegeleinbrüche des Wiedergabesignals. Sie führen im BAS-Signal zu horizontalen Bildstörungen in Form „weißer oder schwarzer Blitze" oder kurzzeitiger Rauscheinbrüche. Die Art der Störung hängt vom Recordertyp bzw. dem elektronischen Aufbau des Demodulators ab. Die Dropoutstörungen werden infolge Veränderungen des mittleren Band-Kopf-Abstands durch lose Staubteilchen auf der Schichtoberfläche des Magnetbands und/oder auf der Videokopfoberfläche und durch Schichtinhomogenitäten des Magnetbands (Agglomeration, Luftblasen in der Schicht, Trockenrisse im Lack usw.) verursacht. Elektrostatische Aufladungserscheinungen und die bei einigen Recordertypen benutzten Schleifringe und Bürsten zur TF-Signalübertragung können ebenfalls zu dropoutartigen Störungen führen. Die subjektiv feststellbaren Dropoutstörungen werden ganz entscheidend vom mechanischen und elektronischen Aufbau des Videorecorders beeinflußt. Einen direkten Einfluß auf die Dropoutrate haben folgende technische Daten des Fernsehbandgeräts:

Videokopfvorsprung; Videospurbreite; Kopftrommeldurchmesser; Art und Gestaltung der Videokopftrommel; Reibungsverhältnisse an der Videokopftrommel; Bandzugskräfte an der Video-

kopfscheibe; Arbeitsgeschwindigkeit der Videomagnetköpfe; TF-Übertragungsbereich für das Luminanz- und Chrominanzsignal; Art und Stabilität des Servosystems; Begrenzereigenschaften im TF-Kanal; Vorhandensein und Wirkungsprinzip einer Dropoutkompensation.

Davon sind einige Eigenschaften, z. B. der Videokopfvorsprung aus der Videokopftrommel oder auch die Reibungsverhältnisse an der Videokopftrommel während der Betriebszeit eines Fernsehbandgeräts, ständigen Veränderungen unterlegen. Hinzu kommen noch Exemplarstreuungen zwischen Fernsehbandgeräten des gleichen Typs. Zum Standard der hochwertigen Amateurgeräte gehört heute die elektronische Dropoutkompensation über mindestens 1 Zeilenlänge, mit der die Anzahl der im Bild sichtbaren Dropoutstörungen stark reduziert werden kann.

Forderungen an den Gleichlauf

Das Synchronsignal für die Steuerung des Gleichlaufs (Bild V und Zeile H) wird vom Fernsehsender dem Verbraucher quarzstabilisiert angeboten. Da dem Sendesignal auf dem Weg zum Fernsehempfänger vielfach Störsignale überlagert sind, die u. a. das Synchronsignal beeinflussen können, steuert man die Ablenkschaltungen der Fernsehempfänger nicht direkt mit dem Synchronsignal an. Die Fernsehempfänger haben Ablenkoszillatoren, die durch die Synchronimpulse gesteuert werden. Fallen die Synchronsignale aus, so läuft der Oszillator frei weiter. Damit die Synchronisation möglichst unempfindlich gegenüber Störspannungen ist, werden für die Horizontalablenkung Nachlaufsynchronisierschaltungen verwendet. In diesen Schaltungen wird die Horizontaloszillatorschwingung mit den empfangenen Synchronimpulsen in der Phase verglichen und ihre Frequenz jeweils so nachgesteuert, daß sie mit der Frequenz der Synchronimpulse übereinstimmt. Bei der Wiedergabe von magnetischen Videoaufzeichnungen kann es bei den Fernsehempfängern zu horizontalen Bildschwankungen kommen. Diese Schwankungen, die sich auf die Arbeitsweise der Nachlaufsynchronisation zurückführen lassen, werden durch eine Frequenz- oder Phasenmodulation der Synchronimpulse verursacht. Untersuchungen haben ergeben, daß die meisten Fernsehempfänger mit Nachlaufsynchronisierschaltung bei frequenzmodulierten Synchronimpulsen für bestimmte Modulationsfrequenzen resonanzartige Überhöhungen der horizontalen Bildschwan-

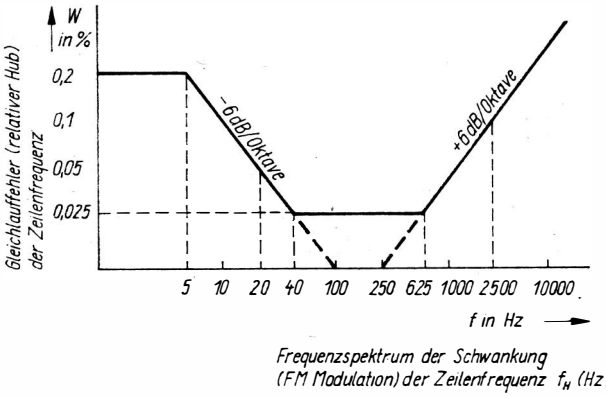


Bild 2.10 Zulässige Werte für die Schwankung der Zeilenfrequenz f_H

kungen aufweisen. Das menschliche Auge ist gegenüber einer Verschiebung der Zeilen untereinander sehr empfindlich. Daher werden hohe Forderungen an die Konstanz der Zeilenfrequenz gestellt, die in den Standards *TGL 34642* und *RS 5668-76* enthalten sind (Tabelle 2.1.). Nach der FM-Demodulation wird eine frequenzbewertete Spitzenmessung nach Bild 2.10 durchgeführt, wobei die gemessenen Werte nicht über den angegebenen Werten

$$\frac{\Delta f_H}{f_H} \cdot 100\%$$

bei Wiedergabe liegen dürfen. Während in der *RS 5668-76* ein Bewertungsfilter angegeben ist (Bild 2.11), wird nach *TGL 34642* eine selektive Messung mit einem Terzfilter empfohlen.

Da die Vertikalimpulse eine sehr geringe Folgefrequenz haben und die Impulse sehr breit sind, kann die Vertikalablenkschaltung des Fernsehempfängers direkt durch den integrierten Vertikalimpuls synchronisiert werden. Kurzzeitige Störungen gehen bereits in der Integrierkette unter, da sie durch ihre kurze Dauer nur einen zu geringen Spannungswert aufbauen können. Zur Synchronisation der Vertikalablenkung (Sperrschwinger- oder astabile Multivibratorschaltung) wird der Kippeinsatz durch den Synchronimpuls ausgelöst. Folgerichtig sind die Anforderungen an die Konstanz der Bildfrequenz geringer.

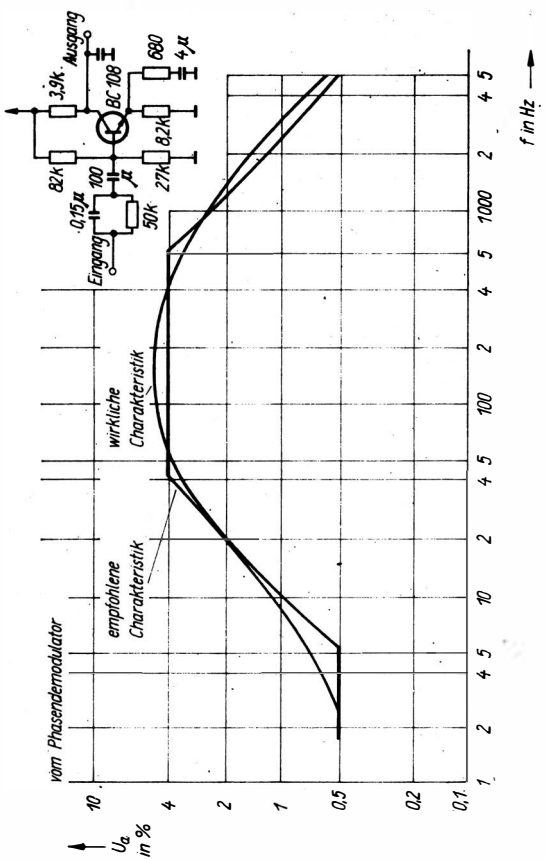


Bild 2.11 Bewertungsfilter zur Messung der Schwankung der Zeilenfrequenz f_H nach *RS 5668-76*

Bei netzverkoppelten Servoschaltungen wird die Bildfrequenz durch die Netzfrequenz und durch die Netzfrequenzschwankungen bestimmt. Für die Farbbildspeicherung *Secam* (s. Abschnitt 3.2.7.) verwendet man als Referenzsignal für die Sollwerterzeugung einen quarzgesteuerten 50-Hz-Generator, der unabhängig von den Netzfrequenzschwankungen ist. Die maximalen Schwankungen der Bildfrequenz entsprechen bei diesen Recordertypen den zugelassenen Tonhöhenschwankungen (s. Tabelle 2.1.). Bei professio-

nellen VCR-Recordern wird zur Verbesserung der Standbildwiedergabe eine Abweichung der Nenn-Bildfrequenz von 50 Hz um 1,9% in Kauf genommen.

2.4. Magnetische Bildspeicherverfahren

Die heute gebräuchlichen Bildspeicherverfahren unterscheiden sich im wesentlichen darin, wie die erforderliche hohe Aufzeichnungsgeschwindigkeit erzeugt wird. Man unterscheidet nach *Querspur-*, *Schrägspur-* und *Längsspurverfahren.*

Querspurverfahren

Beim Querspurverfahren rotiert ein Kopfrad mit 4 Videomagnetköpfen im Winkel von 90° quer zur Bandtransportrichtung. Das Signal wird in nebeneinanderliegenden Querspuren geschrieben (Bild 2.12). Das Kopfrad hat einen Durchmesser von etwa 50 mm und rotiert mit 250 Umdrehungen je Sekunde. Jede Querspuraufzeichnung enthält die Bildinformation von 17,5 Fernsehzeilen. Davon werden 15 oder 16 Zeilen wiedergegeben, d. h. ein Fernsehhalbbild setzt sich aus 20 Querspuren zusammen. Auf einem 61-cm-Bildschirm entspricht eine abgetastete Querspur einem horizontalen Balken von etwa 20 mm Breite. Es werden 50,8 mm breite Videomagnetbänder verwendet, deren magnetisches Pigment für optimale videotechnische Eigenschaften in einem Winkel von 30° bis 90° quer zur Bandtransportrichtung ausgerichtet ist. Das Videoband läuft in einem konkav geformten Führungsschuh, der es mittels Vakuum ansaugt und den festen Kontakt zur Kopfscheibe herstellt. Die Relativgeschwindigkeit Magnetband/Videokopf ergibt sich zu 40 m/s, die Bandtransport-

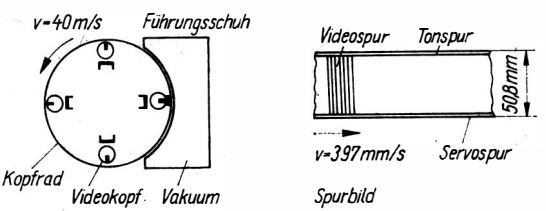


Bild 2.12 Querspurverfahren

geschwindigkeit liegt mit 397 mm/s um den Faktor 100 niedriger. Dieses Verfahren erfordert eine hohe Konstanz der Übertragungseigenschaften der 4 erforderlichen Aufnahme- und Wiedergabekanäle. Wiedergabeseitig werden die Signale der 4 Videomagnetköpfe nach dem Vorverstärker mit dem vom Kopfradservo gesteuerten elektronischen Schalter addiert und nach der Begrenzung demoduliert. Geringe Unterschiede zwischen den 4 Kanälen sind als streifenförmige Störungen (Banding) sichtbar.
Das Verfahren wurde 1956 von der Firma *Ampex* vorgestellt und hat sich in der Fernsehstudiotechnik durchgesetzt. Die wesentlichen Parameter sind standardisiert und garantieren optimale Austauschbarkeit. Vertreter dieser Recorderklasse sind die Typen *QR 302* des *Rundfunk- und Fernsehtechnischen Zentralamts Berlin* der *Deutschen Post* und *Kadr 5* aus der UdSSR.

Schrägspurverfahren

Beim Schrägspurverfahren wird das Videomagnetband spiralförmig um eine zylindrische Videokopftrommel bewegt, wobei die Videomagnetköpfe rotieren und das Signal in Spuren unter einem flachen Winkel von 3 bis 14° aufzeichnen (Bild 2.13). Ein Videokopf zeichnet dabei jeweils die Information eines Fernsehhalbbilds auf, d. h., jede Videospur entspricht einem Halbbild. Mit diesem Verfahren sind daher Standbildwiedergabe, slow motion (Zeitlupe) und Zeitraffung möglich.
Die Relativgeschwindigkeit Videoband/Videokopf liegt je nach Recordertyp zwischen 4 und 25 $m \cdot s^{-1}$, die Bandtransportgeschwindigkeit zwischen 19 und 250 $mm \cdot s^{-1}$. Die Magnetbänder erhalten für dieses Verfahren eine längsorientierte magnetische Pigmentierung. Videospeichergeräte, die nach dem Schrägspur-

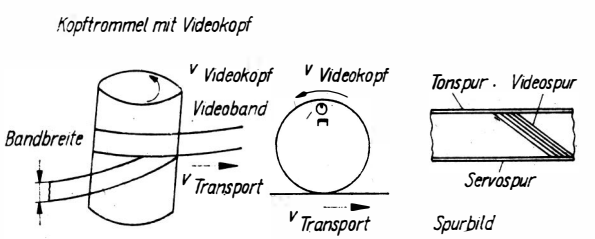


Bild 2.13 Schrägspurverfahren

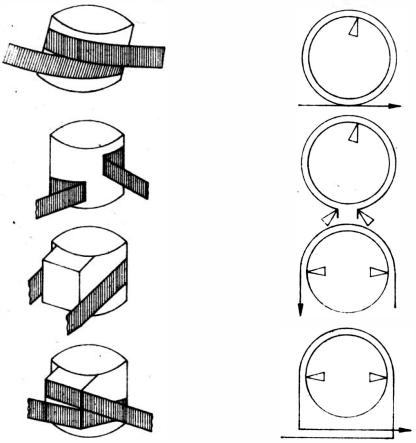


Bild 2.14
Unterschiedliche Kopftrommel-umschlingung beim Schrägspurverfahren

verfahren arbeiten, sind in einer kaum überschaubaren Vielfalt entwickelt worden und unterscheiden sich je nach Hersteller und vorgesehenem Anwendungsgebiet in ihrem Aufbau und in ihren technischen Daten. Sie können unterteilt werden nach der Anzahl der Videomagnetköpfe in 1- und 2-Kopf-Geräte, nach der Art und dem Winkel der Kopftrommelumschlingung (α- oder Ω-Umschlingung, 180° oder 360°; s. Bild 2.14), nach den Kenndaten der Magnetbänder und Recorder (Breite, Dicke, Koerzitivkraft des Videobands; Frequenzumfang, Farbwiedergabe und Art der Farbsignalspeicherung, Komfort und Anwendungsgebiet) und nachder Konfektionierungsart des Magnetbands (Spulen- und Kassettengeräte).

International haben sich einige Recordersysteme durchsetzen können. Für hochwertige Anwendungen werden im allgemeinen farbtüchtige 1-Zoll-Einkopf-Spulenrecorder (Breite des Videobands 25,4 mm) mit 360° Kopfumschlingung und einer Videobandbreite bis 5 MHz verwendet.

Für weniger anspruchsvolle Anwendungen sind $^1/_2$-Zoll-Zweikopf-Spulenrecorder (Breite des Videobands 12,7 mm) mit 180°-Kopftrommelumschlingung und einer Videobandbreite bis etwa 3,5 MHz, die preislich wesentlich günstiger liegen, gut eingeführt. Damit eine gewisse Austauschbarkeit bespielter Bänder erreicht wird, haben sich hierbei japanische Firmen auf den *Japan-1-*

Standard geeinigt. Im RGW liegt die Standardempfehlung *RS 5358-75* vor, auf deren Grundlage der Recordertyp *MTV 10* des *Kasprzakwerkes Warschau*, VR Polen, basiert.

Farbtüchtige Videokassettensysteme sind in einer großen Vielfalt entwickelt worden. Das VCR-System, 1971 von *Philips* vorgestellt, ist auf bestimmten Anwendungsgebieten dominierend. Die wesentlichen Parameter zur Kassette wurden u. a. in der Empfehlung *RS 5364-75* fixiert. Zum Aufzeichnungssystem und seinen technischen Anforderungen sowie zu den Videomagnetköpfen liegen RGW-Standard-Empfehlungen vor *(RS 5363-75, RS 5668-76)*. Der Recordertyp *MTV 20* basiert auf diesen Empfehlungen. VCR-Recorder wurden auch für den professionellen Einsatz entwickelt.

Eine Sonderstellung bei den Videorecordern, die nach dem Schrägspurverfahren arbeiten, nimmt der Recordertyp *BCN* der Firmengruppe *Bosch* ein. Diese Recorder, für die Fernsehstudiotechnik entwickelt, haben Gebrauchswerteigenschaften, die bisher nur mit Querspurmaschinen erreicht wurden. Beim BCN-System werden 25,4 mm breite CrO_2-Videobänder verwendet. Das Magnetband umschlingt die Kopftrommel im Winkel von 190°, es arbeitet also mit 2 um 180° versetzten Videoköpfen. Abweichend von den bisher bekannten Schrägspurrecordern wird in einer Videospur nicht die Information eines Halbbildes, sondern die eines $^1/_6$-Bildsegments gespeichert (Segmented-field-Verfahren).

Längsspurverfahren

Das Prinzip der Längsspuraufzeichnung ist von den Tonbandgeräten bekannt. Es werden im allgemeinen feststehende Magnetköpfe verwendet, an denen das Videomagnetband vorbeigeführt wird. Die Arbeitsgeschwindigkeit des Videokopfs entspricht damit der Bandtransportgeschwindigkeit und liegt sehr hoch. Um eine ausreichende Bandspielzeit zu erreichen, werden im intermittie-

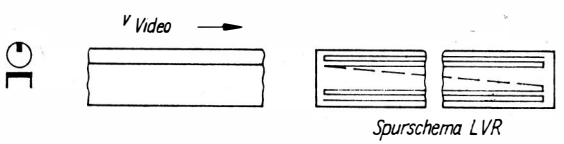


Bild 2.15 Längsspurverfahren

renden Betrieb des Vor- und Rücklaufs mehrere Spuren untereinandergeschrieben (Bild 2.15).
Dieses Verfahren wird beim Amateur-Kassetten-Videorecorder der Firma *BASF* angewendet. Das Gerät arbeitet mit einer Bandgeschwindigkeit von 4 m/s und 8,5 μm starken Videobändern der Breite 8 mm. Bei 48 Spuren werden Speicherzeiten bis 120 min erreicht (Bandlänge 600 m).

3. Aufbau der Fernsehbandgeräte nach dem Schrägspurverfahren

Zur Einführung in die Technik der Fernsehbandgeräte sollen zunächst Aufbau und Wirkungsweise eines einfachen Spulenvideorecorders für die Speicherung von Schwarz-Weiß-Videosignalen und eines VCR-Kassettenrecorders für die Speicherung von Farbvideosignalen beschrieben werden. Auf die Aufzeichnung und Wiedergabe des Audiokanals wird nicht eingegangen, da dieser analog zu normalen Tonbandgeräten aufgebaut ist.

3.1. Fernsehbandgerät *MTV 10*

Der Videorecorder *MTV 10* ist zur Aufzeichnung und Wiedergabe von Schwarz-Weiß-Videosignalen eingerichtet. Seine technischen Daten sind in Tabelle 3.1. zusammengestellt. Sie genügen den Anforderungen der Empfehlung *RS 5358-75*.

Tabelle 3.1. Technische Daten des Fernsehbandgeräts *MTV 10*

Fernsehstandard	OIRT; CCIR
Aufzeichnungsverfahren	Schrägspur, Umschlingung 180°
Videomagnetband	hochkoerzitives Chromdioxidband, Breite 12,7 mm
Relative Band-Kopf-Geschwindigkeit	8,08 m · s^{-1}
Transportgeschwindigkeit	168,4 mm · s^{-1}
Spielzeit	45 min
Ein- und Ausgangsspannung des Videosignals	1 V (± 3 dB), S negativ
Impedanz	75 Ω
Amplitudenfrequenzgang (Videokanal)	bis 2 MHz (— 10 dB)
Video-Rauschabstand	40 dB
Amplitudenfrequenzgang (Audiokanal)	100 Hz bis 10 kHz ± 6 dB)
Geräuschspannungsabstand	40 dB
Klirrfaktor	4 %
Tonhöhenschwankungen	0,2 %
Masse	16 kg
Abmessungen	442 × 370 × 222 mm^3

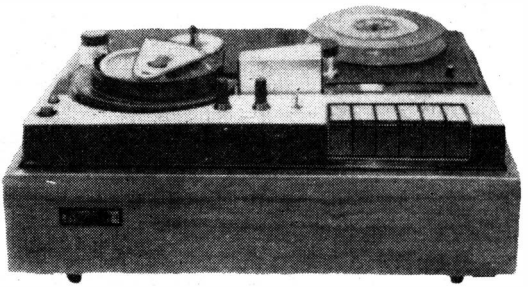


Bild 3.1 Fernsehbandgerät *MTV 10* des *Kasprzak-Werkes Warschau*, VR Polen

3.1.1. Mechanischer Aufbau

Das Gerät erinnert in seinem Grundkonzept an ein Magnettonbandgerät (Bild 3.1). Das Chassis ist aus gepreßtem Stahlblech gefertigt. Das Videomagnetband wird vom linken Bandteller zur Videokopftrommel, von dort vorbei an den Ton-Synchron-Kopf über den Kapstanantrieb weiter zum rechten Bandteller geführt (Bild 3.2). Die Videokopftrommelumschlingung beträgt 180°, d. h.

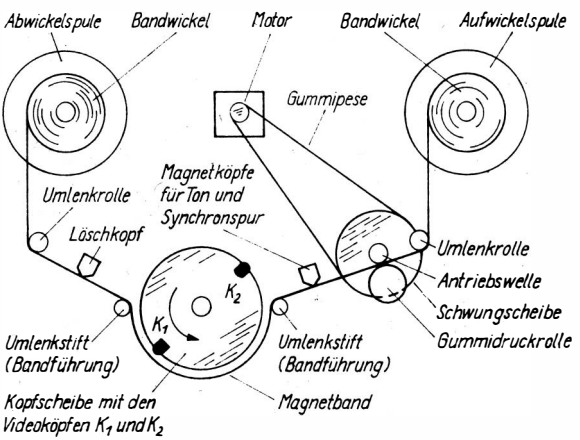


Bild 3.2 Schema der Bandführung beim Videorecorder *MTV 10*

es werden 2 Videoköpfe verwendet, die elektrisch in Reihe geschaltet sind. Ein interessantes Detail ist der Bandtellerantrieb, für den man eine Wirbelstromkupplung verwendet. Beide Bandteller befinden sich auf großen Aluminiumscheiben, die in den Spalt eines Induktors eingreifen. Dieser besteht aus 2 Magnetscheiben und ist mit dem Antriebsmotor fest verbunden. Bei Aufnahme bzw. Wiedergabe werden beide Al-Scheiben gleichmäßig angetrieben, beim schnellen Vor- bzw. Rücklauf taucht die Al-Scheibe des Aufwickel- bzw. Abwickeltellers durch Schwenken des Motors tiefer in den Spalt des Induktors ein und wird stärker angetrieben. Dadurch erreicht man einen bandschonenden und ruckfreien Bandantrieb. Die Videokopftrommel ist so konstruiert, daß nur der obere Teil mit den beiden Videoköpfen rotiert, während der untere Teil fest montiert ist. Die Drehrichtung des oberen Teils stimmt mit der Laufrichtung des Bandes überein. Durch Anbringen von schrägen Nuten und geeigneter Beschichtung der Kopftrommeloberfläche (Oberteil) werden günstige Reibungsverhältnisse geschaffen. Allerdings sind bei dieser Kopftrommelgestaltung die Reibungsverhältnisse beim Bandeinlauf und -auslauf an der Kopftrommel sehr verschieden und beeinflussen die Paketform des Signals bei einem Umlauf merklich („flaschenförmiges Signal"). Die Videoköpfe sind aufgeklebt, so daß bei Verschleiß der obere Teil der Kopftrommel komplett gewechselt wird und der Justieraufwand minimal ist.

3.1.2. Signalweg bei Aufnahme

Das von der Eingangsbuchse kommende Videosignal wird über den Eingangsregler zum Videoverstärker mit Tiefpaß geführt (Bild 3.3). Der Tiefpaß verhindert, daß Signale oberhalb der Videogrenzfrequenz des Recorders in den FM-Modulator gelangen. Die folgende Klemmschaltung hält das Videosignal bei den Synchronspitzen potentialmäßig fest. Hier ist auch das Aussteuerungsinstrument angeschlossen, das den jeweiligen Spitzenwert des Videosignals anzeigt. Anschließend werden im Vorentzerrer (Preemphasis) die Signalanteile oberhalb 600 kHz pegelmäßig angehoben. Mit dem Weißwertbegrenzer verhindert man Übersteuerungen durch Weißspitzen im Videosignal. Dieses so behandelte Signal steuert den Frequenzmodulator. Es moduliert einen Träger, der oberhalb der höchsten zu übertragenen Videofrequenz

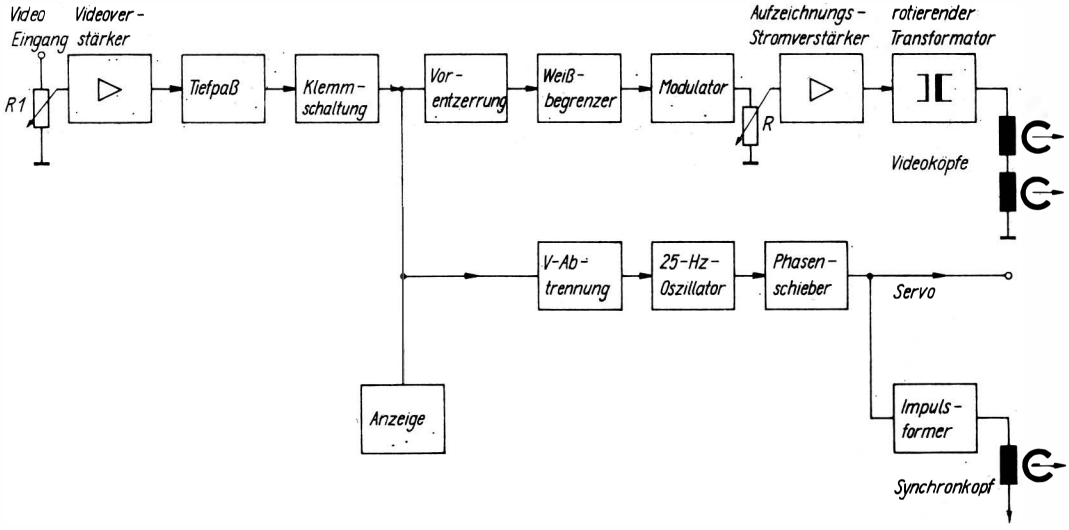


Bild 3.3 Signalweg bei Aufnahme beim Videorecorder *MTV 10*

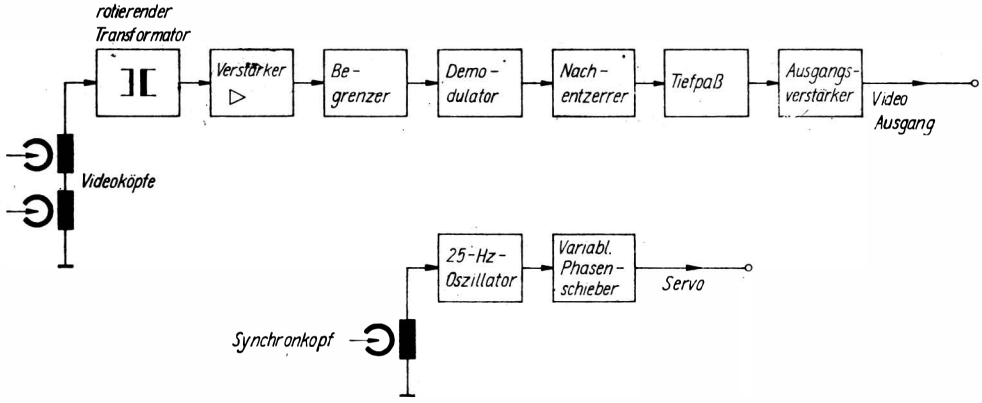


Bild 3.4 Signalweg bei Wiedergabe beim Videorecorder *MTV 10*

liegt. Dieser Modulator ist als spannungsgesteuerter Multivibrator ausgeführt. Sein Hub beträgt 1 MHz, wobei seine niedrigste Frequenz, 2 MHz, den Synchronspitzen und seine höchste Frequenz, 3 MHz, dem Weißpegel zugeordnet ist (s. Bild 2.1). Über den Regler für die Aufzeichnungsstromstärke, den Aufzeichnungsstromverstärker und den rotierenden Transformator gelangt das modulierte Signal an die in Reihe geschalteten Videomagnetköpfe zur Aufzeichnung. Zur Kontrolle der Aufzeichnungsstromstärke befindet sich in der „kalten" Leitung der Primärwicklung des Transformators ein Meßwiderstand.

3.1.3. Signalweg bei Wiedergabe

Bei Wiedergabe durchläuft das Signal entsprechend Bild 3.4 den umgekehrten Weg. Das von den Videomagnetköpfen kommende trägerfrequente (TF-) Signal wird über den rotierenden Transformator einem Vorverstärker und den nachfolgenden Begrenzerstufen zugeführt. Der FM-Demodulator stellt wieder das ursprüngliche Videosignal her, das anschließend die wiedergabeseitige Nachentzerrung (Deemphasis) durchläuft. Dabei wird die Vorentzerrung oberhalb 600 kHz wieder ausgeglichen. Im Tiefpaßfilter werden die Störsignale durch die Trägerreste und Oberwellen unterdrückt. Das niederohmige Videosignal vom Videoausgangsverstärker kann an der Ausgangsbuchse abgenommen werden.

3.1.4. Servoteil

Im Unterschied zu hochwertigen Videorecordern weist der *MTV 10* nur einen Regelkreis für die Kopftrommeldrehzahl auf (Bild 3.5). Bei Aufnahme hat das Kopfservosystem die Aufgabe, die Kopfscheibe in eine definierte Phasenlage zum V-Impuls des Videosignals rotieren zu lassen. Der V-Impuls wird immer knapp nach Beginn einer neuen Schrägspur geschrieben. Auf diese Weise erreicht man, daß sich die beim Übergang von einer Spur (Kopf 1) auf die andere (Kopf 2) entstehende kurze Bildlücke immer am unteren Bildrand befindet. Um die Phasenlage der rotierenden Kopfscheibe den geforderten Bedingungen anzupassen, wird deren Ist-Lage mit der Soll-Lage verglichen. Die Ist-Lage der Kopfscheibe signalisiert ein kleiner Permanentmagnet, der an der Unterseite der rotierenden Kopfscheibe angebracht ist. Als Aufnahme-

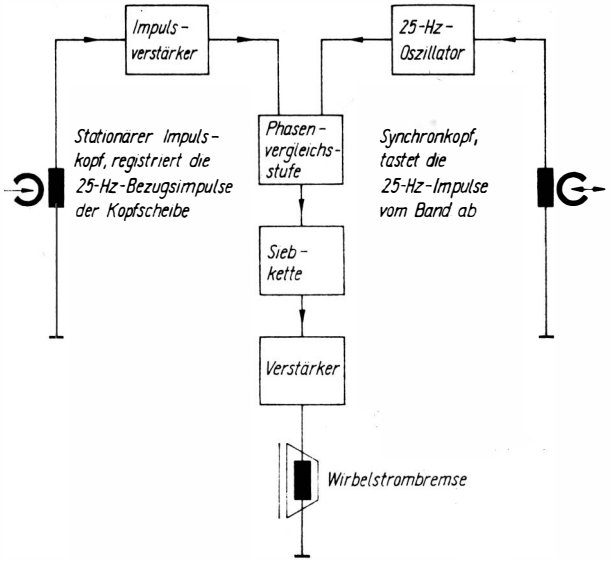


Bild 3.5 Signalweg im Servoteil bei Wiedergabe *(MTV 10)*

organ dient ein stationärer Impulskopf, der jeden Umlauf registriert. Diese 25-Hz-Impulse gelangen zum Phasenvergleich. Als Referenzsignal benutzt man die V-Impulse, die aber vorher noch in einem 2:1-Teiler (getriggerter 25 Hz astabiler Multivibrator) auf 25 Hz geteilt werden müssen. Diese 25-Hz-Impulse werden gleichzeitig mit dem Servokopf auf den unteren Rand des Videomagnetbands aufgezeichnet (Bild 3.3) und dienen bei der Wiedergabe als Referenzsignal. Die Fehlerspannung erregt nach Siebung und Verstärkung eine Wirbelstrombremse. Die Wirbelstromverluste und damit der bremsende Effekt sind je nach auftretender Regelgröße unterschiedlich stark, so daß ein phasenstarrer Antrieb der Videokopftrommel erreicht wird.

Bei der Wiedergabe dient das Kopfservosystem dazu, daß die Kopfscheibe in einer festgelegten Phasenlage zu den aufgezeichneten Videospuren rotiert. Damit wird optimal die aufgezeichnete Spur abgetastet, größter Wiedergabepegel und Störabstand erreicht. Referenzsignal sind dabei die aufgezeichneten 25-Hz-Im-

pulse vom Synchronkopf. Der nachfolgende Regelvorgang verläuft wie bei der Aufnahme. Zusätzlich läßt sich die Phasenlage der rotierenden Kopfscheibe mit einem Spurregler (Tracking) von Hand optimal einstellen. Mit diesem Phasenschieber kann die Lage der Kopfscheibe in bezug auf die aufgezeichneten Spuren so lange verändert werden, bis die Videoköpfe exakt die aufgezeichneten Spuren abtasten.

3.2. Fernsehbandgerät *MTV 20*

Das Fernsehbandgerät *MTV 20* ist ein Kassettenrecorder nach dem VCR-System. Das Kassettensystem enthält eine Reihe von

Tabelle 3.2. Technische Daten des Fernsehbandgeräts *MTV 20*

Fernsehstandard	OIRT, CCIR 625 Zeilen, 50 Hz
Aufzeichnungsverfahren	Schrägspur, Umschlingung 180°
Farbe	*Secam*
Videomagnetband	hochkoerzitives Chromdioxidband, Breite 12,7 mm, in VCR-Kassette nach *RS 5364-75* (*VC 30, VC 45, VC 60*)
Relative Band-Kopf-Geschwindigkeit	$\approx 8{,}1\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$
Transportgeschwindigkeit	$142{,}9\ \mathrm{mm \cdot s^{-1}}$
Spielzeit	je nach Kassette 30; 45 oder 60 min
Ein- und Ausgangsspannung des Videosignals	1 V (± 3 dB), S negativ
Impedanz	75 Ω
Amplitudenfrequenzgang	
— Luminanzsignal	2,5 MHz (— 6 dB)
— Chrominanzsignal	0,5 MHz (— 6 dB)
Video-Rauschabstand (Luminanz)	40 dB
Amplitudenfrequenzgang (Audiokanal)	100 Hz bis 15 kHz
Geräuschspannungsabstand	40 dB
Klirrfaktor	3 %
Tonhöhenschwankungen	0,15 %
Masse	16 kg
Abmessungen	$450 \times 342 \times 170\ \mathrm{mm^3}$
Breite der Videospuren	130 µm
Abstand zwischen Videospuren	187 µm
Spurwinkel	3° 45′

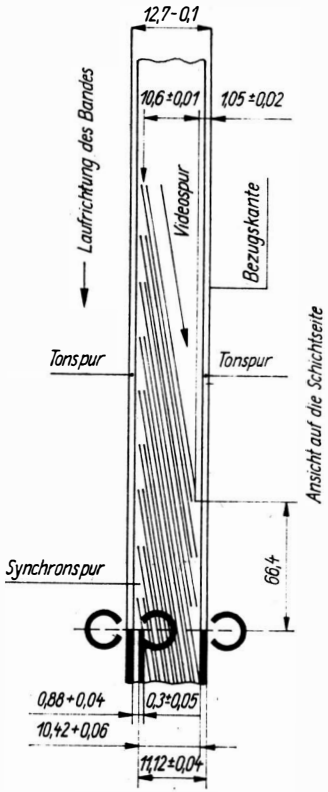


Bild 3.6
Spurschema beim VCR-System

Vorzügen wie unkomplizierte Bedienung, keine Berührung des Bandmaterials, Staubschutz usw. Die wesentlichen technischen Daten sind aus Tabelle 3.2. zu ersehen. Das Spurschema ist in Bild 3.6 dargestellt.

3.2.1. VCR-Kassette

Durch die Verwendung von Kassetten vereinfacht sich die Bedienung des Fernsehbandgeräts wesentlich. Das Einfädeln des Bandes entfällt, und die Kassette kann an jeder beliebigen Band-

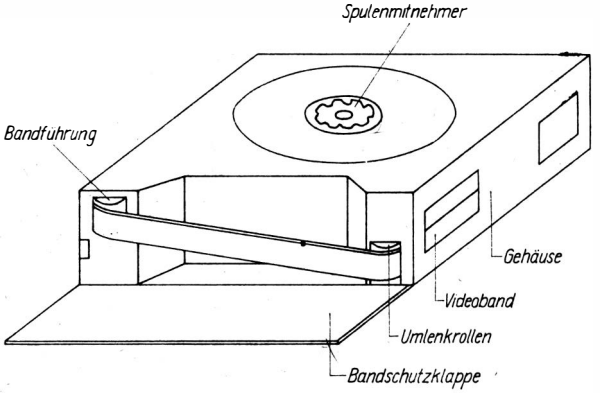


Bild 3.7 Schematische Darstellung der VCR-Kassette

stelle ohne vorheriges Umspulen gewechselt werden. Das Magnetband wird weitgehend vor mechanischen Beschädigungen und Verschmutzungen geschützt. Die technischen Daten der Kassette sind in den Standard-Empfehlungen *RS 5364-75* bzw. *IEC Publikation 511*, 1. Ausgabe, 1975, festgelegt. Sie hat die Maße 126 × 148 × 35 mm³ und eine Masse von etwa 0,4 kg. Beim Fernsehbandgerät *MTV 20* ergeben sich mit den Videoband-Konfektionierungslängen 260 m, 390 m, 520 m Spielzeiten von 30, 45 und 60 min *(VC 30, VC 45, VC 60)*. Die VCR-Kassette ist in Bild 3.7 dargestellt. Sie besteht aus einem zweiteiligen Kunststoffgehäuse, dessen Oberteil ein Sichtfenster enthält. Beide Spulen liegen übereinander, wobei das 12,7 mm breite Videoband beim Betrieb von der unteren Vorratsspule nach Passieren der Bandführungselemente und der Videokopftrommel auf die obere Aufwickelspule geführt wird. Beide Spulen sind am Rand mit einer Zahnung versehen, in die Sperrklinken eingreifen, um eine Schlaufenbildung zu verhindern. Legt man die Kassette in das Fernsehbandgerät ein, so werden beide Spulen automatisch entriegelt.
Bandanfang und -ende sind zum automatischen Stop mit Schaltfolien versehen. Ähnlich zur Audio-Kompaktkassette kann zur Sicherung gegen unbeabsichtigtes Löschen von gespeicherten Signalen eine Nase auf der Kassettenrückseite ausgebrochen werden (Aufnahmesperre). Eine weitere Nase ist für spätere Anwendungen

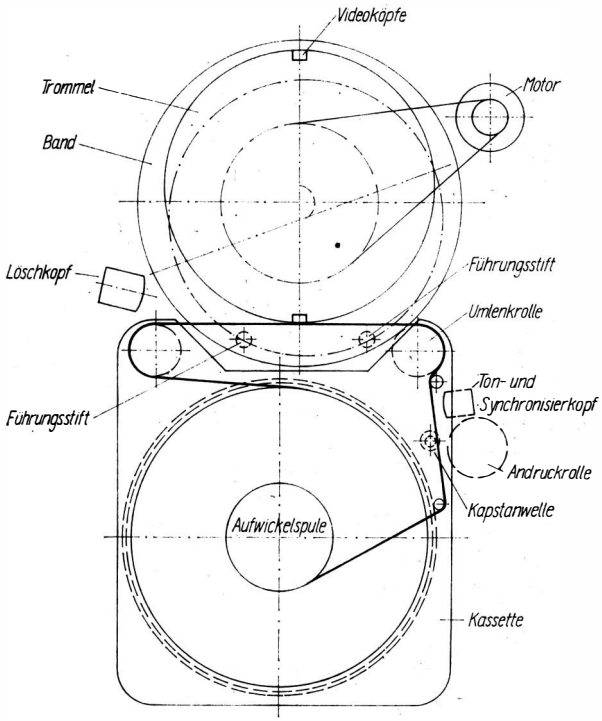


Bild 3.8 Bandführung der Kassette beim Einlegen

vorgesehen. Eine Klappe schützt das Band an der offenen Kassettenseite vor mechanischen Beschädigungen und Verschmutzungen. Zur Aufbewahrung gibt es geschlossene Archivboxen.

3.2.2. Mechanischer Aufbau

Das gewählte Kassettensystem bestimmt den mechanischen Aufbau des Fernsehbandgeräts. Die Videokopftrommel ist schräg angebracht und besteht aus dem feststehenden Unterteil einschließlich Bandführungen und dem rotierenden Oberteil. Die um 180° versetzten Videomagnetköpfe sind ähnlich wie beim *MTV 10* am

Umfang des Oberteils geklebt, so daß zum Justieraufwand das im Abschnitt 3.1.1. Geschriebene gilt. Das bewährte Prinzip mit schrägen Nuten im Kopftrommeloberteil zur Erzeugung eines reibungsmindernden Luftpolsters wurde beibehalten.

Bild 3.8 zeigt die Verhältnisse beim Einlegen der Kassette in den Kassettenschacht des *MTV 20*. Beim Einlegen werden die Klappe der Vorderseite und ein Seitenfenster zum Einschwenken des Kapstanantriebs und des kombinierten Ton-Synchronkopfs geöffnet. Nach Betätigen der Einfädeltaste des Fernsehbandgeräts löst ein Gleichstrommotor die Drehung der Videokopftrommel mit den Führungsstiften und Bandführungen um etwa 160° aus, wobei die Führungsstifte das Band halbkreisförmig um die Videokopftrommel führen (Bild 3.9). Gleichzeitig wird die Rotationsbewegung des oberen Trommelteils ausgelöst, so daß das Band nicht an der Trommel anhaften kann. Die Kassette ist damit betriebsbereit. Durch Drücken der Taste „Wiedergabe" bzw.

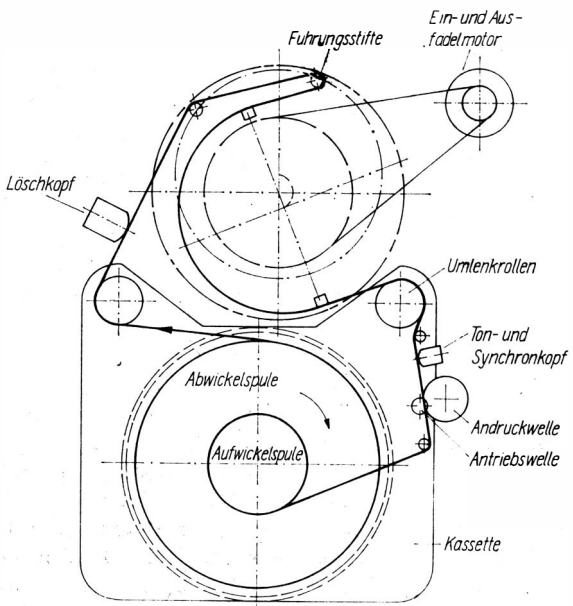


Bild 3.9 Bandführung der Kassette nach dem Einfädeln

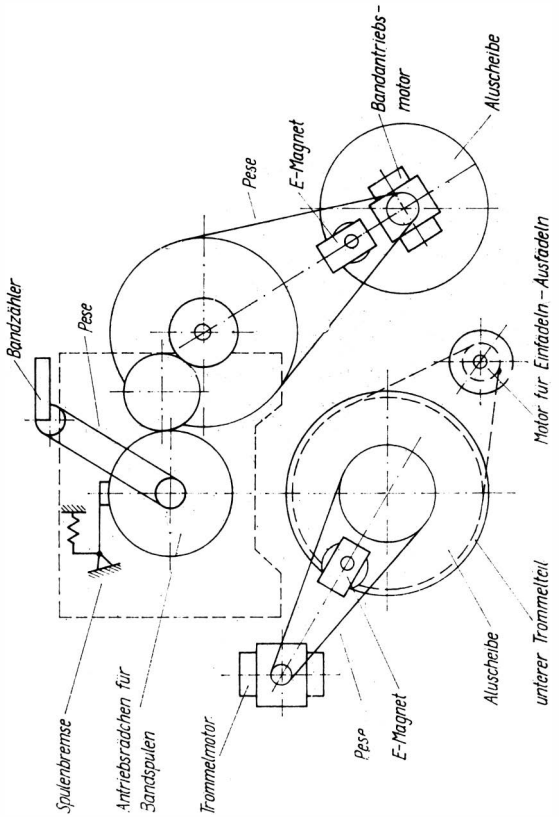


Bild 3.10 Aufbau des Laufwerks des Videorecorders *MTV 20*

„Aufnahme" wird die Gummiandruckrolle an den Kapstan geschwenkt und der Bandtransport ausgelöst. Gleichzeitig schwenkt der Ton-Synchronkopf an das Magnetband. Die wichtigsten Bandführungselemente befinden sich auf der unteren Kopftrommelhälfte und bestimmen den zuverlässigen Bandlauf. Der Aufbau des Laufwerks ist in Bild 3.10 schematisch dargestellt. Bandtransport und Kopftrommelantrieb sind mechanisch getrennt. Die Kopftrommel wird mit einem Asynchronmotor angetrieben, wobei

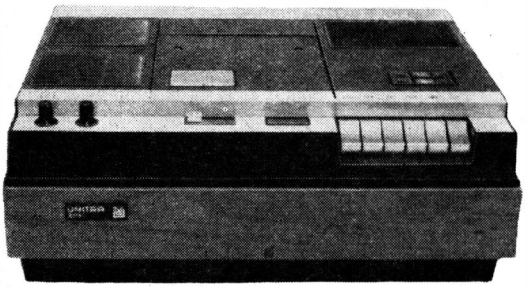


Bild 3.11 VRC-Kassettenbandgerät *MTV 20* des *Kasprzak-Werks Warschau*, VR Polen

man die geforderte Drehzahl von 1500 U/min elektronisch mit einer Wirbelstrombremse erreicht. Die Wirbelstrombremse besteht aus der Erregerspule mit Kern und der mechanisch mit dem Kopftrommeloberteil starr verbundenen Aluminiumscheibe. Der Bandantrieb arbeitet nach dem gleichen Prinzip, lediglich die Wirbelstrombremse wirkt direkt am Bandantriebsmotor. Nach dem Prinzip der mechanischen Filterung kurzzeitiger Geschwindigkeitsschwankungen ist die Kapstanwelle mit einer Schwungscheibe großer Trägheit verbunden.

Das Band wird in beiden Richtungen über ein Zwischenrad zum Antriebssystem gewickelt. Dieses Zwischenrad läßt sich in der waagerechten und senkrechten Ebene verlagern und wirkt entweder auf die Aufwickelspule (Vorlauf) oder auf die Vorratsspule (Rücklauf). Durch die mechanische Spulenbremse erhält man den notwendigen Bandzug.

Das automatische Ausfädeln des Videobands läuft umgekehrt ab. Nach Betätigen der Stoptaste drückt man die „Aus"-Taste, und der Gleichstromhilfsmotor dreht nun die Kopftrommel entgegen dem Uhrzeigersinn in die Ausgangsposition zurück. Dann kann der Kassettenlift durch Tastendruck ausgefahren und die Kassette entnommen werden. Bild 3.11 zeigt das Kassettengerät.

3.2.3. Y-Signalweg bei Aufnahme

Die Arbeitsweise des Luminanz-Aufzeichnungskanals wird an Hand des Übersichtsschaltplans Bild 3.12 erläutert. Das FBAS-

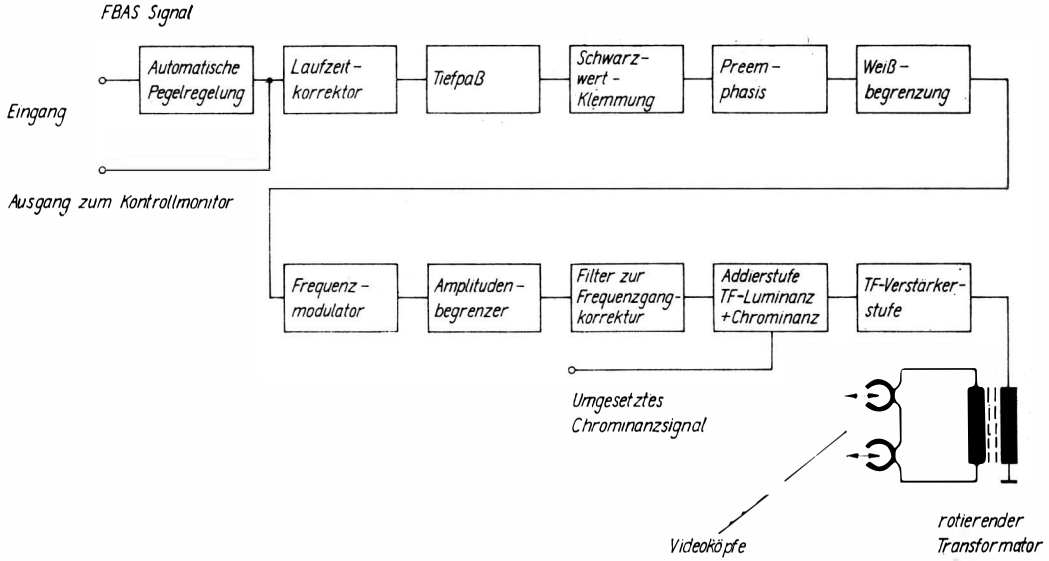


Bild 3.12 *MTV 20* — Übersichtsschaltplan des Y-Signalwegs bei Aufnahme

Signal, das von der Fernsehkamera, dem Testbildgenerator oder dem Fernsehempfänger kommt, durchläuft eine automatische Regelstufe. Diese Stufe regelt in gewissen Grenzen Pegelabweichungen des FBAS-Signals vom Normwert auf einen konstanten Ausgangspegel für die folgenden Stufen. Das Ausgangssignal wird zum Chrominanz-Aufzeichnungsteil und zur Laufzeitkorrektur auf eine Verzögerungsleitung geführt. Im Laufzeitkorrektor werden die durch Bandbreitenunterschiede verursachten unterschiedlichen Laufzeiten des Chrominanz- und Luminanzsignals ausgeglichen. Das FBAS-Signal liegt nach der automatischen Regelstufe zusätzlich an der Monitorbuchse zur Kontrolle des Aufnahmesignals an. Nach dem Laufzeitkorrektor folgt ein Tiefpaßfilter mit der Grenzfrequenz 3 MHz. Es werden dadurch die spektralen Signalanteile und Störungen, die über der Videogrenzfrequenz des Fernsehbandgeräts liegen, abgeschnitten. Das Filter unterdrückt auch den Chrominanzanteil des FBAS-Signals. Das bandbreitenbegrenzte BAS-Signal wird nachfolgend auf eine Klemmschaltung gegeben, um eine Zuordnung bestimmter Bildpegel zur Frequenz des modulierten Signals zu erhalten. Das Preemphasissystem hebt die höherfrequenten Komponenten des Luminanzsignals zur Verbesserung des Rauschabstands im Speicherprozeß an. Die durch die Preemphasis bedingten Störerscheinungen (Überschwingen bei impulshaften Übergängen von Schwarz nach Weiß) werden durch den Weißwertbegrenzer beseitigt. Dieses so vorbereitete Signal gelangt dann zum Frequenzmodulator. Der Frequenzmodulator wandelt das BAS-Signal mit einer Bandbreite von 0 bis 3 MHz in ein trägerfrequentes Signal (TF-Signal) mit einer Bandbreite von 1 bis 5 MHz um. Um Amplitudenmodulationsanteile zu beseitigen, wird das TF-Signal begrenzt. Zum Ausgleich der Verluste durch den ω-Gang des rotierenden Transformators und der Videomagnetköpfe durchläuft das TF-Signal ein Korrekturfilter (Anhebung hochfrequenter Signalanteile). In der folgenden Addierstufe werden das TF-Signal und das umgesetzte Chrominanzsignal zusammengeschaltet. Der Pegel des umgesetzten Chrominanzsignals liegt um 20 dB niedriger, um nichtlineare Verzerrungen zu vermeiden (Abschnitt 2.2.). Das TF-Signal dient dabei als Hochfrequenzvormagnetisierung für das umgesetzte Chrominanzsignal. Das Summensignal wird auf den für optimale Aussteuerung notwendigen Pegel verstärkt und über den rotierenden Transformator den Videomagnetköpfen zur Aufzeichnung zugeführt.

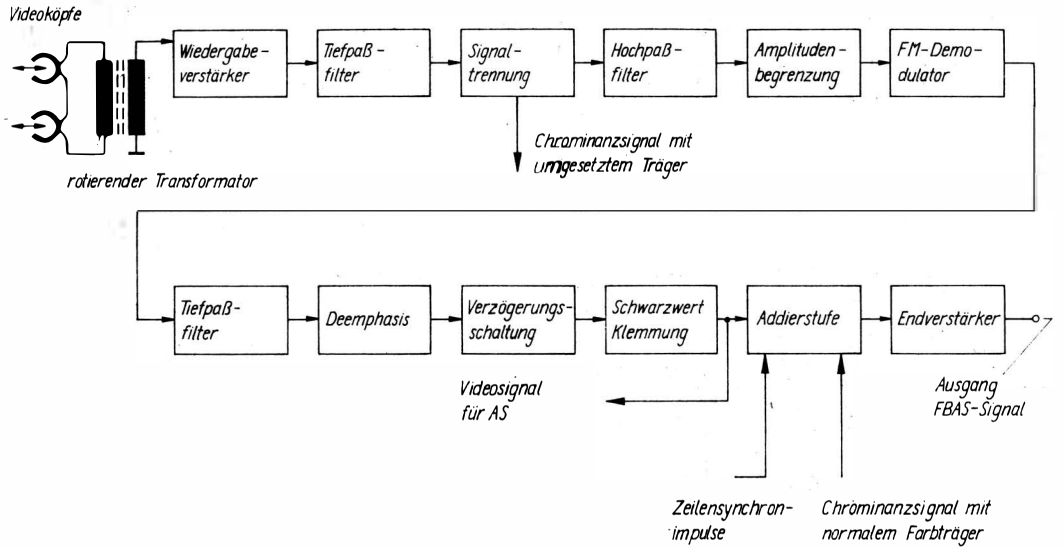


Bild 3.13 *MTV 20* — Übersichtsschaltplan des Y-Signalwegs bei Wiedergabe

3.2.4. Y-Signalweg bei Wiedergabe

Der prinzipielle Aufbau ist aus Bild 3.13 zu ersehen. Das Wiedergabesignal erreicht über den rotierenden Transformator den Wiedergabeverstärker, der sich im Innern der Kopftrommel befindet, und wird auf den zur weiteren Verarbeitung notwendigen Pegel verstärkt. Er arbeitet als Resonanzverstärker für die höherfrequenten Signalanteile und hat eine Resonanzüberhöhung bei 4,4 MHz. Im nachfolgenden Tiefpaßfilter werden Signalanteile > 5 MHz abgeschnitten, um hochfrequente Rauschanteile zu vermeiden. In der folgenden Stufe wird das umgesetzte Chrominanzsignal ausgekoppelt. Das Hochpaßfilter, das die nächste Stufe für das TF-Signal ist, sperrt den Signalweg für das umgesetzte Chrominanzsignal. Auf diese Weise verhindert man Interferenzstörungen durch die nichtlineare Charakteristik der folgenden Stufen. Der Begrenzerverstärker beseitigt Störungen durch die unerwünschte Amplitudenmodulation des Nutzsignals. Die Wirksamkeit der Begrenzerschaltung beeinflußt entscheidend den erreichbaren Rauschabstand im Videosignal. Für das TF-Signal wird eine symmetrische Begrenzung gefordert, um Trägerfrequenzanteile im demodulierten Signal zu eliminieren. Ein Zähldiskriminator arbeitet als FM-Demodulator. Er wird mit Nadelimpulsen gesteuert, die aus den gegenphasigen Rechtecksignalen vom Begrenzer gebildet werden. Im nachfolgenden Tiefpaßfilter bildet sich der Gleichspannungsmittelwert, der dem ursprünglichen Y-Signal entspricht. Am Ausgang des Tiefpasses steht das vollständige BAS-Signal zur Verfügung. Analog zum Aufnahmekanal folgen nun die Deemphasis und die Laufzeitkorrektur (Ausgleich der Preemphasis bei der Aufnahme und der Gruppenlaufzeitunterschiede zwischen Luminanz und Chrominanzsignal). Der Addierstufe werden das Luminanz- und das Chrominanzsignal zugeführt. Das standardgerechte FBAS-Signal steht dann am Ausgang zur Verfügung. In der Addierstufe werden auch die Zeilenimpulse des FBAS-Signals regeneriert. Der Endverstärker als Impedanzwandler sichert die standardgerechte Ausgangsimpedanz.

3.2.5. Chrominanzsignal bei Aufnahme

Die Videobandbreite des Fernsehbandgeräts *MTV 20* liegt unterhalb von 3 MHz, d. h., für die Farbaufzeichnung kommt nur ein

Verfahren mit transponiertem Farbträger nach Bild 2.1, Fall b, in Frage. Dabei werden die Farbinformationen in dem Bereich bis 1 MHz gespeichert. Die beiden Farbträgerfrequenzen beim

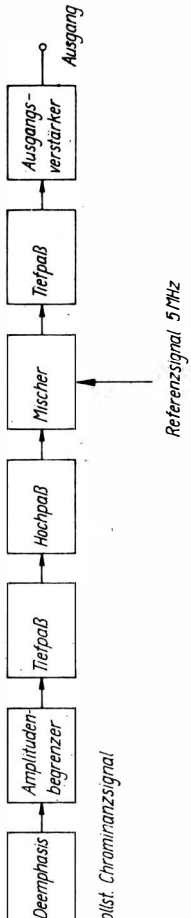


Bild 3.14 *MTV 20* — Übersichtsschaltplan des Chrominanzsignalwegs bei Wiedergabe

Secam-Verfahren von 4,406 MHz und 4,25 MHz werden auf 594 kHz und 750 kHz transponiert. Gleichzeitig wird die ursprüngliche Chrominanzbandbreite auf 500 kHz eingeschränkt. Die damit verbundene Qualitätsminderung muß man in Kauf nehmen.

Die Umsetzung des Chrominanzsignals in den tieffrequenten Bereich bringt einige Vorteile. Die durch ständige Band-Kopf-Kontaktschwankungen verursachte Störmodulation ist stark wellenlängenabhängig und im Bereich bis 1 MHz sehr klein. Damit kann das transponierte Signal mit ausreichendem Rauschabstand und vernachlässigbaren Dropoutstörungen direkt aufgezeichnet werden. Die Vormagnetisierungswirkung des TF-Signals linearisiert die Übertragungskurve des Magnetbands (Analogie zur Tonspeicherung). Die ständig vorhandenen differentiellen Schwankungen der Arbeitsgeschwindigkeit verursachen einen kleineren Zeitfehler als ohne Transponierung.

Das Prinzip der Chrominanzsignalaufzeichnung ist in Bild 3.14 dargestellt. Das vollständige FBAS-Signal wird vom Luminanzkanal (Bild 3.12) nach der automatischen Verstärkungsregelung angeboten. Es gelangt über die Deemphasis zum Begrenzer. Die Deemphasisstufe mit Glockencharakteristik eliminiert in erster Linie die Luminanzkomponenten des Signals. Nach der Amplitudenbegrenzung, die nahe der Begrenzungsschwelle arbeitet, passiert das Chrominanzsignal nacheinander das Tief- und das Hochpaßfilter. Dieses Bandpaßfilter beseitigt die durch die Begrenzung entstandenen Signalverzerrungen und begrenzt das Chrominanzsignalband auf etwa 1 MHz. In der nachfolgenden Mischstufe wird das Chrominanzsignal mit Hilfe des Referenzsignals mit der Frequenz 5 MHz gemischt. Es entstehen Produkte mit Summen- und Differenzfrequenzen, aus denen mit Hilfe des Tiefpasses die gewünschten Differenzsignale abgetrennt und anschließend verstärkt werden. Das transponierte Chrominanzsignal wird in die Addierstufe (Bild 3.12) eingekoppelt und steht für die Aufzeichnung zur Verfügung.

3.2.6. Chrominanzsignal bei Wiedergabe

Nach Verstärkung und Passieren des Tiefpaßfilters kann man das TF-Signal und das transponierte Chrominanzsignal weiter

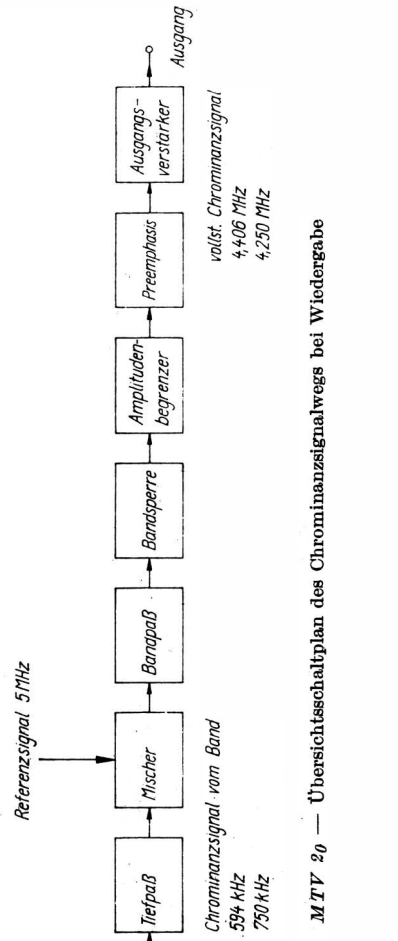


Bild 3.15 *MTV 20* — Übersichtsschaltplan des Chrominanzsignalwegs bei Wiedergabe

verarbeiten (Bild 3.13). Das Tiefpaßfilter als erste Stufe des Chrominanzwiedergabeteils eliminiert den TF-Signalanteil und leitet das Chrominanzsignal zum Wiedergabemischer (Bild 3.15).

Die Anforderungen, die man an diesen Mischer stellt, sind bedeutend höher als im Aufzeichnungsteil, denn der Abstand des Differenzbandes zum Summenband und zur Mischfrequenz 5 MHz ist sehr gering. Um einen sauberen Durchlauf mit Differenzfrequenz zu erhalten, muß man einen symmetrischen Mischer verwenden. Damit wird eine entsprechende Dämpfung des Mischsignals gewährleistet. Der Mischstufe folgen ein Bandpaßfilter mit hoher Flankensteilheit und ein Bandsperrfilter, das alle verbleibenden Komponenten des Summenbands eliminieren soll. Der Amplitudenbegrenzer sichert einen konstanten Ausgangspegel des Chrominanzsignals, und die Deemphasisstufe korrigiert das Chrominanzsignal standardgerecht. Das Chrominanzsignal kann dann mit dem Luminanzsignal zum kompletten FBAS-Signal addiert werden (Bild 3.13).

3.2.7. Kopfservo

An den Antriebsmechanismus eines Fernsehbandgeräts werden eine Reihe von Forderungen gestellt, deren Erfüllung mit rein mechanischen Mitteln eine sehr große Präzision bei der Herstellung der Antriebssysteme erfordern würde und dadurch mit hohen Kosten verbunden wäre. Die Forderungen resultieren aus der notwendigen Konstanz der wiedergegebenen Synchronisationssignale, der richtigen und ungestörten Wiedergabe der Chrominanzsignale und das Führen der Videoköpfe auf den aufgezeichneten Spuren. Die Erfüllung dieser Forderungen wird durch Servoschaltungen für die Videokopfscheiben und für den Bandtransport realisiert.

Das Kopfservo hat folgende Aufgaben:

— Es soll die Videokopftrommel nach dem Einschalten des Fernsehbandgeräts möglichst schnell auf die Drehzahl 25 s^{-1} bringen.
— Es soll in dem Augenblick, in dem der V-Impuls des FBAS-Signals registriert wird, die Videoköpfe in eine vorbestimmte Position zum Band bringen.

Aus Bild 3.16 ist das Prinzip ersichtlich. Das Kopfservosystem besteht aus dem Phasendiskriminator, dem Differenzverstärker und dem Ausgangsverstärker, der die Stromstärke für die Spule der Wirbelstrombremse liefert. Der Phasendiskriminator erhält

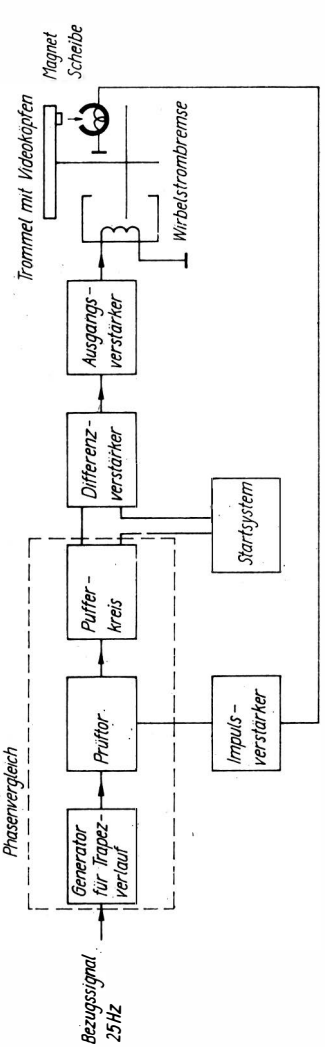


Bild 3.16 *MTV 20* — Übersichtsschaltplan für den Kopfservo

2 25-Hz-Signale. Das eine Signal wird bei Aufnahmebetrieb aus dem V-Signal des aufzuzeichnenden FBAS-Signals bzw. bei Wiedergabe aus der 5-MHz-Quarzfrequenz abgeleitet. Das andere

Signal ist ein Impulssignal, das über Induktionsköpfe von der Drehzahl der Kopftrommel gewonnen wird. Während jeder Kopftrommelumdrehung erzeugt ein kleiner Permanentmagnet, der unterhalb der Trommel angebracht ist, eine Impulsspannung. Bei richtiger Kopftrommeldrehzahl beträgt die Frequenz 25 Hz. Beide Signale werden in ihrer Phasenlage miteinander verglichen. Die bei Phasenungleichheit entstehende Fehlerspannung steuert über den Differenzverstärker und den Ausgangsverstärker die Wirbelstrombremse. Im stabilen Zustand haben beide 25-Hz-Impulse eine definierte Phasenlage zueinander. Weicht jedoch die Phasenlage des Kopftrommel-Impulssignals von der Normallage ab (Geschwindigkeitsschwankungen der Kopftrommel), dann verändert sich die Ausgangsspannung, und durch die Wirbelstrombremse wird die Geschwindigkeit bis zum Erreichen des stabilen Zustands reguliert.
Das Startsystem bewirkt das Erreichen der notwendigen Nenngeschwindigkeit nach dem Einschaltvorgang.

3.2.8. Bandservo

Das Prinzip des Bandservo gleicht dem des Kopfservo. Bei der Aufnahme ist die Bandtransportgeschwindigkeit möglichst schnell zu erreichen und dann einzuhalten. Gleichzeitig werden im oberen Drittel des Videomagnetbands als „magnetische Perforierung" 25-Hz-Impulse aufgezeichnet, die aus dem aufzuzeichnenden FBAS-Signal abgeleitet sind. Diese Signale dienen bei Wiedergabe als Referenzsignale für den Phasenvergleich (Bild 3.17). Zum Phasenvergleich werden bei Aufnahme das vom FBAS-Signal abgeleitete 25-Hz-Signal und ein über einen Induktionskopf gewonnenes 25-Hz-Signal des Antriebsmotors zugeführt. Die entstehende Fehlerspannung bremst mit der Wirbelstrombremse den Antriebsmotor bis zur Phasengleichheit ab. Da der Antriebsmotor eine Drehzahl von 12,5 Hz hat, sind 2 Permanentmagnete zur Erzeugung des 25-Hz-Impulses notwendig.
Bei Wiedergabebetrieb werden dem Phasenvergleich das 25-Hz-Referenzsignal, gewonnen aus dem 5-MHz-Quarzsignal (analog zum Kopfservo), und das Synchronsignal der „magnetischen Perforierung" des Videobands zugeführt. Dieses Synchronisationsimpulse dienen dabei zur richtigen Führung der Videoköpfe auf

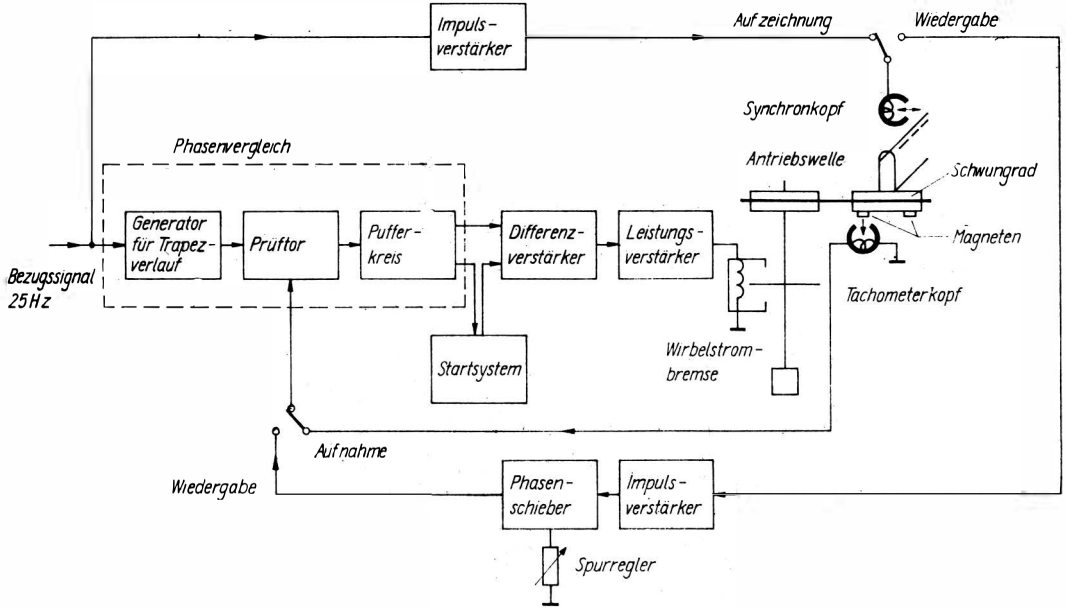


Bild 3.17 *MTV 20* — Übersichtsschaltplan für den Bandservo

den aufgezeichneten Magnetbandspuren. Die Fehlerspannung steuert in bekannter Weise die Wirbelstrombremse. Mit dem „Spurregler" (Tracking) kann die Phasenverschiebung zwischen Band- und Kopfservo auf optimale Spurabtastung eingestellt werden. Zum Erreichen der notwendigen Nenngeschwindigkeit dient wiederum ein Startsystem.

3.3. Technische Daten weiterer Fernsehbandgeräte

In den vergangenen Jahren ist eine Fülle unterschiedlicher Fernsehbandgerätetypen entwickelt worden, die häufig nicht kompatibel miteinander sind. Das hängt in den kapitalistischen Ländern einmal mit kommerziellen Geschäftsinteressen zusammen; zum anderen ist zumindest für die Amateur-Fernsehbandgeräte die Entwicklung eines preisgünstigen universellen Systems noch nicht abgeschlossen. Es sollen hier nur einige Fernsehbandgerätetypen der unteren Qualitätsklasse vorgestellt werden. In den sozialistischen Ländern wurden bisher von der UdSSR und VR Polen Geräte entwickelt. Tabelle 3.3. gibt einen Überblick über die wesentlichen technischen Daten sowjetischer Spulen-Fernsehbandgeräte. Bei allen Gerätetypen werden 12,7 mm breite Chromdioxid-Videobänder verwendet. Die Arbeitspunkte im Audio- und im Videokanal sind auf dieses hoch koerzitive Magnetband eingemessen. Bemerkenswert ist das Gerätespektrum der *PO Elektronika Woronesh*. Es umfaßt Portabel- und Tischgeräte für die Aufzeichnung von Schwarz-Weiß- und Farbfernsehsignalen. Zum Lieferumfang gehören neben zusätzlichen Netzgeräten für die Portabelausführung auch Einbauadapter für handelsübliche Fernsehgeräte und eine Schwarz-Weiß-Videokamera. Bild 3.18 zeigt das Portabelgerät Typ *501* mit Videokamera. Das Fernsehbandgerät hat die Abmessungen $280 \times 309 \times 162$ mm^3 und eine Masse von 12 kg. Die Leistungsaufnahme liegt mit 20 VA sehr niedrig. Für den Portabeleinsatz wird eine Tragetasche mitgeliefert. Es ist für den Einsatz in der Industrie für die Kontrolle von Fertigungsabläufen und einzelne Arbeitsgänge, im Unterrichts- und Ausbildungssystem, im Informationsaustausch in den verschiedenen Wissenschafts- und Technikbereichen vorgesehen. Mit einer Speicherzeit von 35 min bei einer 13-cm-Videobandspule genügt es vielen Ansprüchen. Der Recorder ist mit automatischer Aussteue-

Tabelle 3.3. Technische Daten von sowjetischen Spulen-Fernsehbandgeräten nach dem Schrägspurverfahren (Prospektangaben)

Typ	*501*	*503*	*502*	*506*	*L 1–08*	*W M Lomo*	*Jupiter 205 Video*
Hersteller	PO Elektronika Woronesh				Positron Leningrad	Lomo Leningrad	
Maximale Spielzeit in min	35		45		150 (17-μm-Band)	90	35
Maximaler Spulendurchmesser in mm	130		150		150	150	
Tischgerät/ Portabelgerät	Portabel		Tischgerät		Tischgerät	Portabel	Tischgerät
Transportgeschwindigkeit in mm · s^{-1}	163,2				78	95,3	168,0
Relative Video-Kopfgeschwindigkeit in m · s^{-1}	etwa 10				8,1		
Eingang/Ausgang Video	75 Ω, 1 V, S negativ						

Amplitudenfrequenzgang in MHz	2,5	2,7	2,5		2,5	2,2	2,5	
Videorauschabstand in dB	≧ 40		≧ 40	≧ 38	≧ 40	≧ 40	≧ 36	
Amplitudenfrequenzgang Audio in kHz	0,1 bis 10				0,1 bis 10	0,06 bis 10	0,12 bis 10	
Abmessungen in mm^3	280 × 309 × 162		410 × 381 × 195	425 × 375 × 206	410 × 282 × 155	360 × 370 × 210	410 × 550 × 193	
Leistungsaufnahme in VA	20		100		45		100	
Masse in kg	9		15		12	6,5	15	
Zubehör	Netzteil 200 V/ Adapter 12 V; Videokamera S/W		Adapter					
Bemerkungen	S/W	Farbe	S/W	Farbe	S/W	S/W Neuentw. Farbe		

Bild 3.18 Fernsehbandgerät *501* der *PO Woronesh* (UdSSR) mit Netzteil und Schwarz-Weiß-Kamera

rung im Audio- und Videokanal versehen, ebenso wurde die Möglichkeit der Standbildwiedergabe berücksichtigt. Die Spielzeitbegrenzung auf 35 min, die für viele Anwendungen ausreicht, resultiert aus dem maximalen Spulendurchmesser von 130 mm. Der Typ *503* entspricht etwa dem Typ *501*, er wurde aber zusätzlich für die Farbsignalspeicherung weiterentwickelt. Das Gerät kann man netzunabhängig, mit einer aufladbaren 12-V-NiCd-Batterie bzw. auch mit einer 12-V-Kfz-Batterie betreiben.

In der UdSSR wurden eine Reihe von Kofferfernsehgeräten, u. a. die Typenreihe *Junost* entwickelt. Das Kofferfernsehgerät *Elektronika WL 100* mit den Abmessungen $148 \times 138 \times 265\,\text{mm}^3$ und einer Bildschirmdiagonale von 150 mm ist als Ergänzung des Systems besonders gut geeignet. Beim Einbau des Adapters sind Aufnahme und Wiedergabe ohne Schwierigkeiten möglich. Weitere Veränderungen an sowjetischen Fernsehgeräten müssen nicht vorgenommen werden, da diese Geräte ein sehr stabiles Verhalten im Zeilenstand aufweisen. Bei den Recordertypen der *PO Elektronika Woronesh* sind beide Videomagnetköpfe am Rand einer Scheibe mit Schrauben befestigt und rotieren im Schlitz einer

feststehenden Kopftrommel. Die Reibungsverhältnisse sind günstiger als beim *MTV 10* bzw. *MTV 20*. Damit ergibt sich auch eine günstigere Paketform des aufgezeichneten Video-TF-Signals (annähernd rechteckförmig). Diese Bauform bedeutet aber auch einen höheren Serviceaufwand beim Kopfwechsel, da zusätzliche Justierarbeiten mit einem geeigneten Meßmikroskop und Mikrometer-Meßuhren anfallen. Die Signale werden ebenfalls über einen rotierenden Transformator eingespeist bzw. abgenommen. Die Typen *502* und *506* sind Tischgeräte für Schwarz/Weiß- bzw. Farbsignalaufzeichnung. Sie erreichen eine Spielzeit von 45 min mit einer 15-cm-Videobandspule. Das Volumen ist dementsprechend größer und beträgt $420 \times 381 \times 195$ mm³. Ebenso haben beide Geräte eine höhere Leistungsaufnahme mit 100 VA. Die weiteren technischen Daten im Audio- und Videokanal entsprechen den Typen *501* und *503*, so daß sich etwa der gleiche Einsatzbereich mit der Einschränkung der Tischgeräteausführung ergibt. Der Typ *502* ist in Bild 3.19 abgebildet.

Eine Spielzeit von 150 min wird beim Typ *Elektronika L1-08* durch das Halbbildaufzeichnungsverfahren erreicht. Die horizontale Bildauflösung und die vertikale Auflösung sind dabei geringer. Die Bandzüge und Bandführungen wurden auch für Magnetbänder der Gesamtstärke von 17 μm eingemessen. Mit $410 \times 282 \times 206$ mm³ wird ein kleineres Gesamtvolumen als für den Typ *502* angegeben (etwa 60%). Die Leistungsaufnahme ist ebenfalls geringer. Der Typ *L1-08* wird von der *Positron Leningrad* hergestellt.

Das Fernsehbandgerät *Lomo WM* (bzw. auch *Lomo WK 1/2*) wurde von der bekannten *Lomo Leningrad* entwickelt und arbeitet

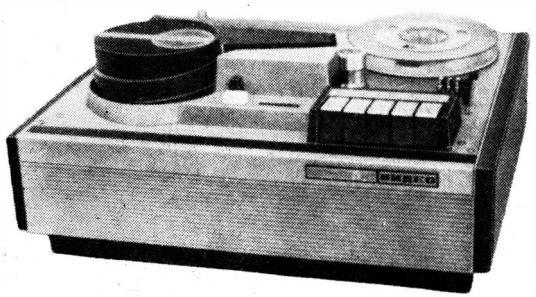


Bild 3.19 Fernsehbandgerät *502* der *PO Woronesh* (UdSSR)

mit der Audiostandardgeschwindigkeit 95,3 mm · s^{-1}. Es kann gleichzeitig als Magnetbandgerät für normale Audiomagnetbänder eingesetzt werden und hat die dafür notwendigen Bandführungen. Das Audiomagnetband wird dann nicht um die Videokopftrommel geführt.

Ähnlich vielseitig ist der in Tabelle 3.3. nicht genannte Typ *Jupiter 206 Video*. Er läßt sich gleichzeitig als Fernsehband- und als Stereobandgerät einsetzen. *Jupiter 206* arbeitet als Videobandgerät analog dem *Jupiter 205* mit der Transportgeschwindigkeit 168 mm · s^{-1} bzw. als Stereomagnetbandgerät bei 95,3 mm · s^{-1} oder 190,5 mm · s^{-1} für höhere Qualitätsansprüche.

Die Firma *Akai* hat ein komplettes $^1/_4$-Zoll-Videosystem entwickelt, das in Bild 3.20 dargestellt ist. Das *Akai*-System umfaßt Bausteine für die Bild- und Tonkontrolle bei Aufnahme und Wiedergabe (Bild-/Ton-Monitor), für die Überspielung der Aufzeichnung auf Fernsehgeräte sowie für die Aufzeichnung von Fernsehsendungen und kann mit entsprechend kombinierten Bausteinen als batteriebetriebenes Fernsehbandgerät dienen. Das Fernsehbandgerät ist nur $263 \times 112 \times 255$ mm³ groß und hat einschließlich Batterie 5 kg Masse. Die technischen Daten sind aus Tabelle 3.4. zu ersehen. Das *Akai*-System stellt ein kleines Video-

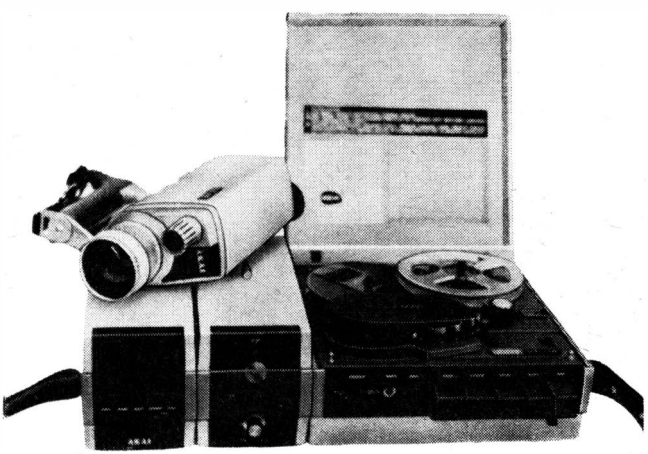


Bild 3.20 Videosystem der Firma *Akai*, Typ *VT 110*

Tabelle 3.4. Technische Daten des $^1/_4$-Zoll-*Akai*-Videosystems *VT 110*

Fernsehstandard	CCIR
Aufzeichnungsverfahren	Zweikopf-Schrägspur, Umschlingung 180°
Videoband	Eisenoxidband, Breite 6,25 mm; neben speziell empfohlenen Videobändern Typ *VT 5* sind bestimmte Tonbandtypen (allerdings bei Qualitätseinbußen) einsetzbar; (bei Weiterentwicklungen wurde auch hochkoerzitives Videoband empfohlen)
Relative Band-Kopf-Geschwindigkeit	7,48 m · s^{-1}
Transportgeschwindigkeit	238,5 mm · s^{-1}
Spielzeit	24 min
Amplitudenfrequenzgang (Videokanal)	2,3 MHz
Videorauschabstand	> 40 dB
Videoeingang	1,4 V; 75 Ω
Amplitudenfrequenzgang (Audiokanal)	0,1 bis 10 kHz
Stromversorgung	12-V-NiCd-Batterien (aufladbar), 12-V-Kfz-Batterie; Netz-/Lade-Gerät
Masse	5 kg (mit Batterien)

Kompatibel mit stationärem *Akai*-Videorecorder *VT 700*

Zubehör:

Ankoppelbarer Bild-/Ton-Monitor *VM 110*

Bildschirmdiagonale	75 mm
Lautsprechergröße	75 × 44 mm^2
maximale Ausgangsleistung	120 mW
Abmessungen	98 × 112 × 263 mm^3
Masse	1,6 kg

Videokamera *VC 115*

Aufnahmeröhre	$^2/_3$-Zoll-Vidicon
Sucher	35-mm-Bildröhre
Standard-Objektiv	8fach-Zoom (11,5 bis 90 mm)
Lichtwertbereich	300 bis 100 000 Lux
Mikrofon	Kugel-Charakteristik
Abmessungen	74 × 130 × 158 mm^3 (ohne Objektiv)
Masse	1,25 kg (ohne Objektiv)

Netz-/Lade-Gerät *VA 110*

Spannung	100 bis 240 V, 50/60 Hz
Abmessungen	111 × 92 × 200 mm^3
Masse	2,7 kg

VHF/UHF-Tuner *VTU-E*
Kanal 2 bis 12
Kanal 21 bis 68
Einbauantenne
RF-Converter zum Anschluß des Fernsehbandgeräts an Fernsehgeräte
Tragetasche für Fernsehbandgerät und Monitor
Kopfhörer
Stativ
Entmagnetisierungseinrichtung
Tragetasche für Kamera

studio dar und ist daher für die unterschiedlichsten Einsatzgebiete geeignet. Zu den Ausstattungsmerkmalen gehören:

- Automatische Aussteuerung von Bild und Ton;
- Nachvertonungseinrichtung für Tonkorrekturen oder Neuvertonungen der Aufnahme;
- Standbildwiedergabe;
- Bandzählwerk.

Die Bedienung der Anlage ist sehr einfach. Die Laufwerkfunktionen werden durch Drucktasten ausgelöst. Bei Kameraaufnahmen wird die Starttaste am Fernsehbandgerät bedient, die Aufnahme aber erst durch Knopfdruck am Kameragriff ausgelöst.

Bild 3.21 Fernsehbandgerät *VTR 2000* der Firma *Sanyo*

Bild 3.22 Fernsehbandgerät *VTR 1360* der Firma *Sanyo*

Bei der Aufnahme kann sich der Bedienende ganz auf das Motiv und die Kamerabedienung konzentrieren.
Die Aufnahmen können am Bildschirm eines beliebigen Fernsehgeräts über Kanal 3 betrachtet werden. Dazu schaltet man zwischen Fernsehbandgerät und Antennenbuchse den RF-Konverter. Es empfiehlt sich, die Änderungen am Fernsehgerät in der Zeilensynchronisation entsprechend den Hinweisen in Abschnitt 7. vorzunehmen.
Für qualitativ höherwertige Aufnahmen (Amplitudenfrequenzgang > 3 MHz) sind von japanischen Firmen $^1/_2$-Zoll-Spulen-Fernsehbandgeräte nach dem *Japan-1-Standard* entwickelt worden. Der *Japan-1-Standard* legt Grundparameter zur Austauschbarkeit von Aufnahmen zwischen den Typen verschiedener Hersteller fest. Fernsehbandgeräte nach dem *Japan-1-Standard* sind die Typen *PV 4500* (Portabel), *KV 350*, *KV 360* der Firma *IVC*, die Typen *VTR 1360* und *VTR 2000* der Firma *Sanyo* und die Typen *SV-610 ED*, *SV-620 E* (Farbe) der Firma *Shibaden*. Bild 3.21 und Bild 3.22 zeigen die Typen *VTR 2000* und *VTR 1360*. Die technischen Daten des universellen Typs *VTR 1360* sind aus Tabelle 3.5. zu ersehen. Er wurde für extreme Belastungen, z. B. für den Dauerbetrieb in Überwachungsanlagen und bei wissenschaftlichen Langzeituntersuchungen, entwickelt. Das Gerät läßt sich auf 4 Bandtransportgeschwindigkeiten einstellen und ergibt dabei Spielzeiten von 70 min, 18, 30 oder 60 Stunden. Für die

Tabelle 3.5. Technische Daten des $^1/_2$-Zoll-Fernsehbandgeräts *VTR 1360* der Firma *Sanyo*

Fernsehstandard	CCIR
Aufzeichnungsverfahren	Zweikopf-Schrägspur, Umschlingung 180°
Videomagnetband	„High Energy"-Videoband (hochkoerzitives kobaltdotiertes Eisenoxidband), 12,7 mm Breite
Relative Band-Kopf-Geschwindigkeit	9,258 m · s^{-1} (Standard 1)
Transportgeschwindigkeit	163,2 mm · s^{-1} (Standard 1) 10,88 mm · s^{-1} für 18 Std. 6,528 mm · s^{-1} für 30 Std. 3,33 mm · s^{-1} für 60 Std.
Spielzeit	je nach Transportgeschwindigkeit 70 min bis 60 Std.
Amplitudenfrequenzgang (Video)	3,5 MHz
Videoeingang	0,5 bis 2 V; 75 Ω
Videoausgang	1 V; 75 Ω
Video-Rauschabstand	> 40 dB
Leistungsaufnahme	65 VA
Abmessungen	543 × 250 × 433 mm^3
Masse	26 kg

Wiedergabe der aufgezeichneten Signale kann das Band bei Normalgeschwindigkeit, in einer der 3 Aufnahmegeschwindigkeiten, wie auch in Bild-für-Bild- oder Standbild-Wiedergabe abgespielt werden. Ton- und Bildsignal werden automatisch ausgesteuert, die restlichen Funktionen kann man durch Tasten und Schalter auslösen. Weitere Besonderheiten sind die Bandendabschaltung über einen Fühlhebel und die Möglichkeit der Nachvertonung durch getrennte Lösch- und Aufzeichnungsköpfe. Mit einer Masse von 26 kg und den Abmessungen 453 × 250 × 433 mm^3 ist das Fernsehbandgerät sehr schwer und groß. Der Typ *VTR 2000* hat die Abmessungen 372 × 352 × 215 mm^3 und ist handlicher. Auf die Transportgeschwindigkeitsumschaltung wurde bei diesem Typ verzichtet.

In Tabelle 3.6. sind einige technische Daten von sowjetischen Kassetten-Fernsehbandgeräten nach dem VCR-Standard angegeben. Weitere Angaben fehlen, da diese durch den Standard entsprechend Tabelle 2.1. vorgegeben sind.

Als wesentlicher Produzent ist bei VCR-Kassettengeräten auch *PO Elektronika Woronesh* mit den Typen *504* und *505* zu nennen.

Tabelle 3.6. Technische Daten von sowjetischen Kassetten-Fernsehbandgeräten (System VCR — *RS 5668-75*) nach dem Schrägspurverfahren (Prospektangaben)

Typ	*504*	*505*	*Spektr. 203*
Hersteller	PO Elektronika Woronesh		PTO „W. I. Lenin" Lwow
Tischgerät/ Portabel	Tischgerät	Portabel-gerät	Tischgerät
Amplituden-frequenzgang in MHz	3	2,2	2,5
Video-Rausch-abstand in dB	$\geqq 40$	$\geqq 40$	$\geqq 36$
Abmessungen in mm^3	$504 \times 357 \times 196$	$335 \times 272 \times 145$	$560 \times 350 \times 160$
Leistungsauf-nahme in VA	130	30	100
Masse in kg	20	10	17
Zubehör		Netzteil 220 V / 12 V	
Bemerkungen	lieferbar mit S/W-Kamera, Elektronika-Video, Adapter für Fernsehgerät, Kopfhörer usw.		

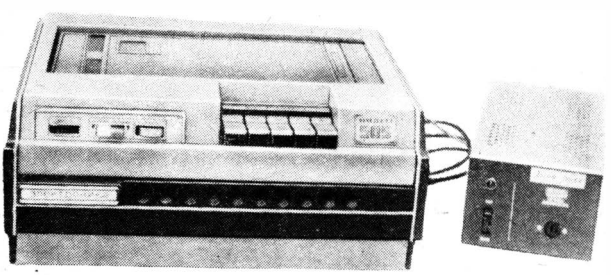


Bild 3.23 VCR-Fernsehkassettenbandgerät *505* der *PO Elektronika Woronesh* (UdSSR)

Beim Typ *505* (Bild 3.23) handelt es sich um ein Portabelgerät mit den Abmessungen $335 \times 272 \times 145$ mm³ und der Masse von 10 kg. Damit ist es das kleinste bekannte VCR-Gerät. Zum Lieferumfang gehören ein Adapter zum Einbau in Fernsehgeräte, Kopfhörer und eine Schwarz-Weiß-Kamera. Der Recorder weist eine automatische Bild- und Tonaussteuerung auf und kann als Portabelgerät senkrecht und waagerecht betrieben werden. Die Kopftrommel ist ähnlich den Spulentypen des Herstellers gestaltet und weicht damit von der polnischen Bauform des Typs *MTV 20* ab. Der Typ *505* kann mit einer 12-V-Kfz-Batterie gespeist werden. Die elektronischen Baugruppen sind steckbar angeordnet, so daß viele Reparaturarbeiten über Adapterplatinen möglich sind. Zu den Besonderheiten gehört die Standbildwiedergabe.

Für professionelle Anwendungen wurde das VCR-System von den Firmen *Philips* und *Grundig* weiterentwickelt. Es werden die Recordertypen *N 1520 (Philips)* und *VCR 601 (Grundig)* angeboten, die beide über die Möglichkeit des elektronischen Schnitts verfügen. Beim Typ *VCR 601* wurden die Forderungen für den ortsfesten und tragbaren Einsatz berücksichtigt: Für den ortsfesten Betrieb gibt es Anschlußmöglichkeiten für die unterschiedlichsten Signalquellen, beim mobilen Einsatz läßt sich der Recorder über die Kamera bedienen. Alle wesentlichen Laufwerkfunktionen des Recorders sind fernbedienbar. Das Laufwerk ist ausreichend robust aufgebaut und kann waagerecht und senkrecht betrieben werden.

Wie bereits geschrieben, ist die Entwicklung für ein universelles Amateur-Fernsehbandgerät noch nicht abgeschlossen. Dabei werden bei Neuentwicklungen folgende Ziele angesteuert:

- Verbesserung der Ton- und Bildqualität;
- Erhöhung der Zuverlässigkeit und Verringerung des Verschleißes;
- Volumenreduzierung beim Fernsehbandgerät und beim Speichermaterial und Erhöhung der Speicherdichte;
- Verringerung des ökonomischen Aufwands;
- Erhöhung des Komforts und Vereinfachung der Bedienung.

In Tabelle 3.7. sind die neueren Kassettensysteme dem System VCR gegenübergestellt. Das VCR-System wurde 1971 von der Firma *Philips* vorgestellt und international standardisiert. VCR ist die Abkürzung von „*V*ideo-*C*assette-*R*ecording". Der Video-Kassettenrecorder enthält ein Fernsehempfangsteil mit Programm-

wahltasten für VHF und UHF. Dadurch können Fernsehsendungen unabhängig vom Fernsehgerät aufgezeichnet werden. Eine Schaltuhr steuert das Ein- und Ausschalten des auf Aufnahme eingestellten Fernsehkassettengeräts. Diese Grundfunktionen wurden beim Recorder *N 1500 (Philips)* berücksichtigt. Die Weiterentwicklung des VCR-Systems verlief stufenweise zum System VCR-Longplay und SVR (*S*uper *V*ideo *R*ecording). Die Kassetten haben sich dabei in ihren Abmessungen nicht verändert, allerdings enthalten die SVR-Kassetten eine zusätzliche Sicherung, durch die garantiert ist, daß nur SVR-Kassetten für SVR-Recorder verwendet werden können. SVR-Kassetten lassen sich aber auf VCR (VCR 1)- und VCR-Longplay(VCR 2)-Recordern einsetzen. Bei der Weiterentwicklung des VCR-Systems wurden folgende Wege beschritten:

— Beibehaltung der Kassette und der Recorder in den Grundabmessungen und im Gewicht;
— Erhöhung der Speicherdichte durch Spurbreitenreduzierung, Wegfall der Rasenbreite und Einsatz dünnerer Videomagnetbänder (VCR-Longplay);
— Erhöhung der Zuverlässigkeit durch Weiterentwicklung am Servosystem, Kurzhubtasten mit elektronischer Verriegelung usw.;
— Verbesserung der Gebrauchswerteigenschaften durch Verlagerung des statischen Hubbereichs, Erhöhung des elektronischen Aufwands für die Dropoutkompensation, Einsatz von Digital-Electronic-Schaltuhren mit Vorprogrammierung bis zu 10 Tagen (SVR).

Die technischen Daten für produzierte Kassettengeräte sind aus Tabelle 3.8. zu ersehen. Zum Vergleich sind die Daten des neueren VCR-Recorders *N 1502* angegeben. 1977 stellten die Firmen *Grundig* und *Philips* VCR-Longplay-Recorder vor. Die Video-Spurbreite wurde von 130 μm auf 85 μm reduziert. Mit der Einsparung der Rasenbreite von 57 μm zwischen den einzelnen Videospuren erhöhte sich die Flächenspeicherdichte um den Faktor 2,2. Wird zusätzlich noch die Dicke des Videomagnetbands berücksichtigt, so beträgt der Faktor etwa 2,9 und entspricht einer ungefähr dreifachen Spielzeit. Die bisherige Einschränkung des VCR-Systems auf 1 Stunde Spielzeit wurde damit überwunden, so daß man auch Spielfilme, Fußballspiele usw. aufzeichnen kann. Der Rasen zwischen den einzelnen Spuren, der bisher zur Ver-

Tabelle 3.7. Technische Daten neuerer Videokassettensysteme im Vergleich zum VCR-Standard

System	VCR	VCR-LP	SVR	Betamax	VHS	LVR
Volumen der Kassette in mm^3	$127 \times 146 \times 41$			$156 \times 95 \times 25$	$188 \times 104 \times 25$	$114 \times 106 \times 17$
Maximale Spielzeit in min	60	180	240	180	180	120
Breite des Videobands in mm	12,7					8
Dicke des Videobands in μm (für maximale Spielzeit)	17	13	16	17	20	8,5
Bandtransport-geschwindigkeit in $mm \cdot s^{-1}$	142,8	65,6	39,5	18,7	23,4	4000
Relative Video-Kopf-geschwindigkeit in $m \cdot s^{-1}$	8,1	8,18	8,20	5,83	4,84	4
Spurbreite Video	130	85	51	32	49	100
Rasenbreite	57	—	—	—	—	50
Spaltazimut	0°	± 15°	± 15°	± 7°	± 6°	0°
Anzahl Audiospur	1	1				2

Amplitudenfrequenzgang	3 MHz			3,2 MHz	290 Zeilen	3 MHz
Video-Rauschabstand in dB	40	40	47	43	40	40
Frequenz in MHz	3 bis 4,4	3,3 bis 5,4	3,6 bis 5,1	3,8 bis 5,2		3,2 bis 46
Kürzeste aufgezeichnete Wellenlänge in μm	1,7	1,5	1,5	1,45	1,0	0,8
Kopftrommeldurchmesser in mm	105			74,5	62	

Tabelle 3.8. Technische Daten von Fernsehbandgeräten der einzelnen Systeme

System	VCR	VCR-Longplay	SVR	Betamax	VHS
Typ	*N 1502*	*N 1700*	*SVR 4004*	*SL 8000 E*	*spektra-videovision*
Hersteller	*Philips*	*Philips*	*Grundig*	*Sony*	*Nordmende*
Abmessungen in mm	560 × 160 × 370	560 × 160 × 370	590 × 151 × 320	522 × 189 × 394	451 × 147 × 337
Leistungsaufnahme in W	60	50	75		35
Masse in kg	16	16	14,5	19	13,9
Bemerkungen	Dropoutkompensation, eingebautes Empfangsteil und eingebauter UHF-Modulator, Standbild, Aussteuerungsautomatik, Digital-Elektronik-Schaltuhr, Bandendabschaltung	wie *N 1502* ohne Standbild, VCR-Reinigungskassette, Dropoutkompensation über 5 Zeilen, Digital-Elektronik-Schaltuhr (4 Tage)	wie *N 1700* Schaltuhr (10 Tage), Fernsteuerung über Fernsehgerät	wie SVR, ohne Schaltuhr, S/W-Kamera, Mikrofon, Tragetasche	wie SVR, Digital-Zeitgeber, vorgesehen sind S/W- und Farbkamera

meidung von Übersprechstörungen notwendig war, konnte durch die Schiefstellung der Arbeitsspalte beider Videoköpfe und der damit möglichen Ausnutzung des Spaltneigungseffekts (s. Abschnitt 1.) eingespart werden. Die Auflösung wurde durch die Verlagerung des statischen Hubbereichs in den Bereich von 3,3 bis 5,4 MHz verbessert. Weitere Verbesserungen betrafen den quarzgesteuerten Servo für den Videokopf- und Bandantrieb (bisher war bei Wiedergabe die Netzfrequenz das Bezugssignal) und die Dropoutkompensation über 5 Zeilen. Die Erhöhung der Speicherdichte im Videokanal führte gleichzeitig zur Reduzierung der Bandtransportgeschwindigkeit, die beim Recorder *N 1700* mit 65,6 mm · s^{-1} ebenfalls um den Faktor 2,2 niedriger liegt. Mit Chromdioxidband werden bei dieser Arbeitsgeschwindigkeit noch sehr gute elektroakustische Werte erreicht.

Da die Geräte nach dem VCR- und VCR-Longplay-Verfahren nicht kompatibel sind, hat die Firma *Grundig* ein Zwei-Normen-Gerät Typ *VCR 5000 AV* entwickelt. Der technische Aufwand ist gegenüber einem VCR-Longplay gering und beschränkt sich auf das Kopfrad, das mit zweimal 2 Videoköpfen bestückt ist, sowie auf die Umschaltung der Bandgeschwindigkeit.

Aus dem VCR-Longplay-System ging 1978 (Firma *Grundig*) das SVR — Super Video Recording — hervor. Die Grundkonzeption des VCR-Longplay-Recorders *VCR 4000* blieb erhalten; die höhere Speicherdichte wurde durch eine weitere Videospurbreitenreduzierung auf 51 μm erzielt. Die Speicherdichte erhöht sich gegenüber VCR um den Faktor 3,7, so daß Spielzeiten von 4 Stunden je Kassette erreicht werden. Bei weiterer Verringerung der Videobanddicke sind noch höhere Spielzeiten denkbar. Für die SVR-Kassettenrecorder gibt es Kassetten mit Spielzeiten von 60 min, 120 min, 180 min und 240 min. Die elektronische Schaltuhr kann 10 Tage vorprogrammiert werden. Mit einem Klarzeichner läßt sich die individuelle Bildschärfe einstellen. Die digital-elektronische Ablaufsteuerung kann man fernbedienen.

Für besondere Anwendungen wird das Modell *SVC 4004 AV* gefertigt, das über FBAS-Ein- und -Ausgänge und Audio-Ein- und -Ausgänge verfügt. Eine Standbildwiedergabe ist ebenfalls möglich. Bei einer Bandtransportgeschwindigkeit von 39,5 mm · s^{-1}, die nur unwesentlich von der bei Kompakt-Audio-Kassetten üblichen abweicht, weist das Gerät mit Chromdioxidband eine gute Tonqualität auf.

Von der japanischen Firma *Sony* wurde 1975 das Betamax-System entwickelt. Betamax-Recorder werden von vielen Firmen, u. a. *Sanyo, Toshiba, Zenith, Aiwa, Pioneer,* gebaut. Von den in Produktion befindlichen Systemen hat Betamax die höchste Speicherdichte. Das äußert sich auch in dem geringen Bandbedarf von 67 m je Stunde Spielzeit. Die Betamax-Kassette ist mit 368 cm^3 nur halb so groß und ebenso leicht (Tabelle 3.9.). Sie hat etwa das Format eines *electronica*-Heftes, bzw. sie ist sogar noch etwas kleiner. Die Höhe der Kassette entspricht mit 25 mm etwa 5 *electronica*-Heften. Bei der Betamax-Kassette sind Vorrats- und Wickelspule nebeneinander angeordnet. Die Bandführung im Fernsehbandgerät ist im Bild 3.24 gezeichnet. In der U-Umschlingung passiert das Band nach dem Austritt aus der Kassette erst den Löschkopf und dann die Videokopftrommel, danach folgen Audio- und Synchronkopf und dann der Kapstanantrieb. Das gibt bei einem insgesamt verhältnismäßig langen Bandlauf außerhalb der Kassette einen recht kurzen Abstand zwischen der rotierenden Videokopfscheibe und dem Kapstan.

Da Videobänder gegen Temperaturschwankungen und Feuchte empfindlich sind, haben Geräte der Firma *Sony* in der Nähe der Videokopftrommel einen Feuchtemesser. Wird ein Feuchtegrenz-

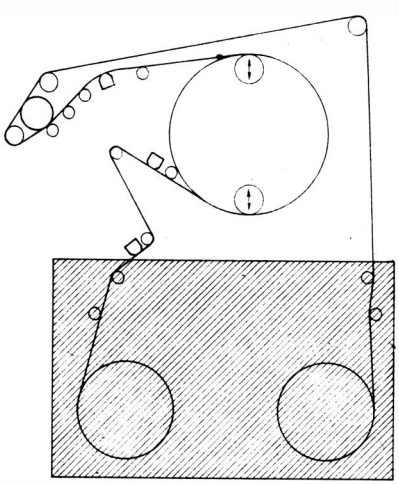


Bild 3.24
Bandführung beim Betamax-System

Tabelle 3.9. Vergleich der verschiedenen Videokassetten

System	VCR	Betamax	VHS	LVR
Abmessungen in mm^3	$127 \times 146 \times 41$	$156 \times 95 \times 25$	$198 \times 104 \times 25$	$114 \times 106 \times 17$
Volumen in cm^3 (VCR ≙ 100 %)	760 100 %	368 49 %	489 64 %	205 26 %
Masse in g (VCR ≙ 100 %)	400 bis 450 100 %	210 47 bis 53 %	280 62 bis 70 %	160 36 bis 40 %
Platz für Steuerautomatik	Löschsperre und mehr SVR zusätzliche Sicherung	Löschsperre und mehr	Löschsperre und mehr	
Bandendabschaltung	Metallfolie	Metallfolie	Transparent	
Spulenanordnung	übereinander	nebeneinander	nebeneinander	nur 1 Spule

wert überschritten, so schaltet der gesamte Recorder ab. Er läßt sich erst nach genügender Trocknung wieder einschalten.

Die hohe Speicherdichte des Betamax-Systems wird durch die geringe Videospurbreite von 32 μm (geringe Videospurlänge) und den kleinen Kopftrommeldurchmesser erreicht. Beim Betamax-Verfahren wurde erstmalig die Spaltschiefstellung mit Wegfall des Rasens zwischen den Spuren für die Videospeicherung technisch genutzt. Mit einer Bandtransportgeschwindigkeit von nur 18,7 mm $\cdot$ s^{-1} sind nur mittlere elektroakustische Eigenschaften zu erwarten, obwohl Amplitudenfrequenzgänge bis 10 kHz propagiert werden. Qualitätsunterschiede zu den vorher beschriebenen Kassettensystemen sind vor allem in der Aussteuerbarkeit und der Dynamik zu erwarten. Als Vertreter für das Betamax-System wird der Typ *Sl 8000 E* der Firma *Sony* (Tabelle 3.8.) genannt. Er ist mit den Abmessungen 522 $\times$ 189 $\times$ 394 mm^3 etwas größer als ein VCR-Gerät.

Als zweites japanisches Videokassettensystem konnte sich das VHS-System (*V*ideo *H*ome *S*ystem) behaupten. Recorder, die nach diesem System arbeiten, werden u. a. von den Firmen *IVC*, *Hitachi*, *Matsushita*, *Akai Sharp*, *National*, *Saba*, *Nordmende*, *RCA*, *Panasonic* gebaut. Das System wurde 1975 von der Firma *IVC* entwickelt. Die Kassette ist etwas größer als beim Betamax-System. Vorrats- und Aufwickelspule liegen nebeneinander. Die Bandführung im Fernsehbandgerät ist in Bild 3.25 angegeben. Für das VHS-System verwendete der Entwickler *IVC* die „M"-Umschlingung und reduzierte damit die ansonsten notwendige

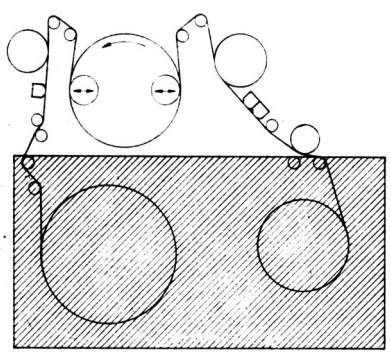


Bild 3.25
Bandführung beim VHS-System

Recordertiefe merklich. Von den bisher genannten Systemen haben VHS-Recorder auch die kleinsten Abmessungen (s. Tabelle 3.8.). Der VHS-Recorder Typ *spectra-video-vision* der Firma *Nordmende* weist nur 67 % des Volumens eines VCR-Recorders auf. Die Videospurbreite mit 49 μm entspricht etwa dem SVR-System, der kleinere Kopftrommeldurchmesser von 62 mm bedingt eine kürzere Videospurlänge. Die Bandtransportgeschwindigkeit ist mit 23,4 mm $\cdot$ s^{-1} unwesentlich höher als beim Betamax-System, so daß auch bei diesem System keine optimalen Eigenschaften im Tonkanal zu erwarten sind.

Alle bisher genannten neuen Systeme arbeiten nach dem Schrägspurverfahren mit den damit verbundenen Nachteilen des komplizierten mechanischen Aufbaus:

- Bandantrieb mit Auf- und Abwickelvorrichtung;
- Kapstan zum Bandtransport in der Nähe der Videoköpfe, wobei ein hoher Gleichlauf gefordert wird;
- Führungsmechanismus, damit das Band aus der Kassette in Kontakt mit Köpfen und Kapstan gebracht bzw. wieder in die Kassette gegeben wird;
- Antrieb der rotierenden Videokopfscheibe.

Beim LVR-Verfahren (*L*ongitudinal *V*ideo *R*ecording) der Firma *BASF* wird die Längsspuraufzeichnung angewendet. Besonders einfach wird die Bandführung. Der Aufwand ist wesentlich geringer (Bild 3.26). Die LVR-Kassette kommt mit einer Spule aus. Das Band wird über die Transporttrommel angetrieben und läuft auf die Wickelspule im Fernsehbandgerät. Dabei passiert das Band den Videomagnetkopf. Bei einer Bandlänge von 600 m dauert ein Banddurchlauf 2,5 min. Danach wird der Videokopf

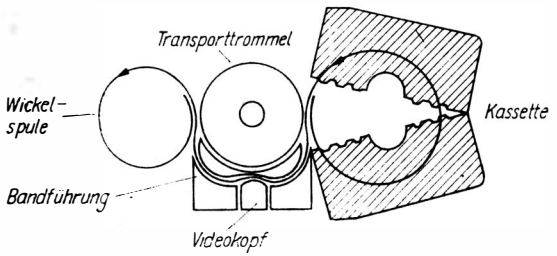


Bild 3.26 Bandführung beim LVR-Verfahren

in der Spurhöhe versetzt und gleichzeitig die Transportrichtung umgeschaltet. Die Spuren werden nach Bild 2.15 aufgezeichnet. Die Transportrichtungsumschaltung erfolgt innerhalb von 80 ms, die Lücke wird durch gespeicherte Signale ausgefüllt. Es werden 48 Spuren geschrieben. Die Kassette hat nur 26% des VCR-Kassettenvolumens bzw. 55% des Betamax-Kassettenvolumens. Der feststehende Videomagnetkopf ist billiger und leichter als die klassische Kopftrommel, und er läßt sich auch einfacher auswechseln. Das System ist von vornherein für Stereoaufnahme und -wiedergabe in HiFi-Qualität eingerichtet. Die Gesamtkonzeption legt tragbare Ausführungen mit einer Fernsehkamera nahe (ähnlich der komfortablen Super-8-Kamera). Als weiterer Vorteil ist die einfache Kopierfähigkeit zu nennen, da alle 48 Spuren zugleich geschrieben werden können.

Das LVR-System wurde 1974 entwickelt. Dieses System haben u. a. die Firmen *Bell & Howel* und *Blaupunkt* übernommen.

4. Videomagnetbänder

Um den jeweiligen Anforderungen hinsichtlich der Gesamtbreite, der Gesamtdicke, der Schichtzusammensetzung, Art und Eigenschaften des magnetischen Pigments, des Laufverhaltens, der Gebrauchsparameter im Audio- und Videokanal und anderer Kriterien zu entsprechen, werden Videobänder für die einzelnen Recordersysteme speziell hergestellt. Der Hersteller von Fernsehbandgeräten empfiehlt daher bestimmte Bandtypen, bzw. bei den Kassettensystemen ist die Einschränkung bereits durch den Kassettentyp gegeben. Ebenso weist auch der Bandhersteller darauf hin, für welche Recordersysteme das Band vorgesehen ist.
In Tabelle 4.1. sind einige allgemeine Unterscheidungskriterien für Videobänder zusammengestellt. Jeweils auf den Gebieten, wo international verbindliche Standards vorliegen, z. B. in der 2-Zoll-Studiofernsehtechnik, sind Grundparameter vorgegeben (Breite,

Tabelle 4.1. Allgemeine Unterscheidungskriterien von Videomagnetbändern

Breite des Bandes in mm	6,25; 12,7; 19,05; 25,4; 50,8; 8 (LVR)
Gesamtdicke in μm	8,5 (LVR); 13; 15; 17; 20; 27; 37
Konfektionierungsart	Spule (Typ; Maße; Bandlänge; Lage der aktiven Schicht im Wickel), Kassette (Typ, Spielzeit, Besonderheiten), Verpackung, Klimafestigkeit
magnetisches Pigment und Koerzitivfeldstärke H_c	Eisenoxid (H_c = 260 A · cm^{-1}), Chromdioxid (H_c = 440 A · cm^{-1}), cobaltdotiertes Eisenoxid (H_c je nach Bandtyp zwischen 380 und 600 A · cm^{-1}), Metallpigment (H_c bis 1000 A · cm^{-1}), kompakte metallische Schichten
Ausrichtung der magnetischen Schicht	in Längsrichtung (für Schräg- und Längsspurverfahren); unter einem Winkel von 30 bis 90° für Querspurverfahren
Gebrauchswerteigenschaften im System	audio- und videotechnische Eigenschaften; Zuverlässigkeit; Arbeits-, Transport- und Lagerbedingungen; Standbild- und Verschleißfestigkeit, Laufverhalten im System, Reibungskoeffizient

Gesamtdicke, magnetisches Pigment, Ausrichtung der magnetischen Schicht, Konfektionierung).

Für die Spulen-Fernsehbandgerätetypen der unteren Qualitätsklasse gibt es hauptsächlich 12,7 mm breite Bänder mit einer Gesamtstärke von 27 μm. Es sind normale Eisenoxidbänder, hochkoerzitive Eisenoxidbänder und Chromdioxidbänder im Angebot. Dabei gibt der Magnetbandhersteller ebenso wie der Fernsehbandgeräte-Hersteller Empfehlungen für den Einsatzbereich. Videomagnetbänder, die unterschiedliche magnetische Pigmente enthalten, sind nicht bzw. nur mit Qualitätseinbußen austauschbar. Dabei sollten niederkoerzitive Bandtypen für „high density"-, „high-energy"- bzw. Chromdioxid-Recorder grundsätzlich nicht eingesetzt werden, da sich eine merkliche Qualitätseinbuße im Video-Rauschabstand subjektiv feststellen läßt und die Bildqualität negativ beeinflußt wird. Das resultiert aus dem unterschiedlichen Aufzeichnungsstrombedarf im Audio- und Videokanal, der sich aus der Koerzitivfeldstärke und der Arbeitsschichtdicke (Audiokanal) ergibt, sowie pigmentspezifischen Eigenschaften (erreichbare Wiedergabespannung bei kurzen Wellenlängen λ — s. Abschnitt 1. — Härte des Pigments, unerwünschter Kopiereffekt zwischen den einzelnen Bandlagen im Spulenwickel u. a. in Abhängigkeit von der Temperatur). Hochkoerzitive Videomagnetbänder können bei Korrektur der Aufzeichnungsstromstärken im Audio- (Erhöhung der HF-Vormagnetisierungsstromstärke proportional zur Koerzitivfeldstärke und Schichtdicke) und im Videokanal (Erhöhung der Aufzeichnungsstromstärke proportional zur Koerzitivfeldstärke) prinzipiell mit qualitativen Vorteilen bei der Bildwiedergabe eingesetzt werden; sie führen aber mitunter infolge abweichender Laufeigenschaften und Reibungskoeffizienten im Gerätesystem zu neuen Problemen. Es wird dabei auch vorausgesetzt, daß entsprechende Einstellmöglichkeiten am Fernsehbandgerät vorgesehen sind. Abweichendes Laufverhalten kann zu Synchronisationsstörungen und vorzeitigem Verschleiß der Videokopf-, Audiokopfeinrichtungen und Bandführungselemente führen. Die Prospekte der Videobandhersteller sollten daher sorgfältig studiert werden.

In Tabelle 4.2. sind einige bekannte Videomagnetbandtypen zusammengestellt. Auf weitergehende Angaben wurde bewußt verzichtet, da die „vorsortierten" Bandtypen im empfohlenen System vergleichbare Eigenschaften haben bzw. die von den einzelnen

Tabelle 4.2. Videomagnetbänder für Spulen-Fernsehbandgeräte

Typ	*641*	*640*	*4305*	*VPL 6*	*CV 26*	*FV 26*	*361*	*363*	*80 C*	*V 32*	*V 600*	*VT 5*	*461*	*455*
Hersteller	*ORWO*		*Swema*	*Philips*	*BASF*		*Scotch*		*Memorex*	*Sony*	*Fuji*	*Akai*	*Scotch*	
Koerzitivfeldstärke in A · cm^{-1}	440				480	250	270						380	500
Gesamtdicke in μm	20	27			26		28	20	28					
Schichtdicke in μm	5				6		5							
Rückschicht	nein						ja				nein		ja	
Pigmenttyp	CrO_2						Fe_2O_3						Fe_2O_3 (cobalt-dot.)	
Bemerkungen	1/2-Zoll-CrO_2-Spulen-Fernsehbandgeräte				1/2-Zoll-Fe_2O_3-Spulen-Fernsehbandgeräte nach *Japan-1-S andard* (Fe_2O_3)						*Akai*-Anlage *VT 110* 1/4 Zoll *(VT 5)*		1/2-Zoll-high-density-Fernsehbandgeräte *Japan-1-Standard (461/455)*	

Herstellern propagierten Daten nach unterschiedlichen Meßverfahren und Meßbedingungen ermittelt wurden und deshalb nicht direkt vergleichbar sind.

Für die Videokassettensysteme werden ausschließlich hochkoerzitive Videomagnetbänder eingesetzt. Auf Grund des höheren magnetischen Energieprodukts (Fläche der Hystereschleife) wird die Aufzeichnung von Wellenlängen um 1 μm realisiert. Neben Chromdioxidbändern werden auch hochkoerzitive Eisenoxidbänder (Firma *Scotch*: kobaltdotiertes Fe_2O_3; Firma *Fuji*: Beridox) eingesetzt. Metallische Pigmente, die eine weitere Erhöhung der Speicherdichte ermöglichen, werden beim Bandtyp *Metafine IV* (Firma *Scotch*) verwendet.

Die Chromdioxidbandtypen *ORWO 640* und *ORWO 641* des *VEB Magnetbandfabrik Dessau* wurden speziell für die Fernsehbandgeräte der VR Polen und der UdSSR entwickelt. Beide Bandtypen unterscheiden sich in der Gesamtdicke und damit auch in einigen physikalisch-mechanischen Eigenschaften. Der Typ *ORWO 641* ist u. a. für den Einsatz in VCR-Kassetten geeignet. Die elektroakustischen und videotechnischen Werte beider Typen sind gleichwertig und entsprechen den Chromdioxidband-Fabrikaten anderer Hersteller.

Die in Tabelle 3.4. angegebenen Daten beziehen sich auf die TGL-Standards bzw. Standardentwürfe *15 552/02, 04*; *25 261* und *25 403/01, 02*. Die speichertechnischen Werte werden auf der Grundlage der genannten Standards als logarithmische Verhältniszahlen zum RGW-Vergleichsband *St RGW 811-77* des *VEB Magnetbandfabrik Dessau* angegeben. Die Angaben von Vergleichswerten sind aus der Elektroakustik bekannt und beinhalten nichts Neues.

Unter dem *relativen Aufzeichnungsstrombedarf* versteht man das Verhältnis der Aufzeichnungsstromstärken des Probe- und des Vergleichsbandes für maximale Wiedergabebespannung bei Aufzeichnung eines Signals mit einer Frequenz, die in der Mitte des statischen TF-Hubbereichs liegt. Beim Fernsehbandgerät *MTV 10* entspricht das einer Meßfrequenz von 2,5 MHz ($\lambda = 3{,}2$ μm) und beim *MTV 20* einer Meßfrequenz von 3,7 MHz ($\lambda = 2{,}2$ μm).

Der *relative Videorauschabstand* ist die Differenz der Videorauschabstände (Abschnitt 2.3.) des Vergleichs- und des Probebands bzw. der 20fache dekadische Logarithmus des Verhältnisses der Rauschspannungen des Probe- und des Vergleichsbands.

In Bild 4.1 sind die mit einem VCR-Kassettengerät gemessenen

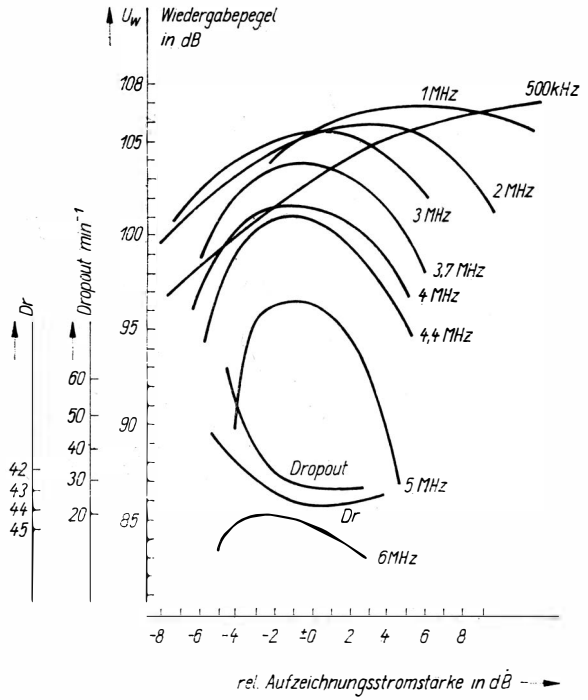


Bild 4.1 Übertragungskurven, Video-Rauschabstand und Dropouts als Funktion der relativen Aufzeichnungsstromstärke der Videobänder *ORWO 640* und *ORWO 641*, gemessen mit einem VCR-Fernsehbandgerät; U_W: 0 dB ≙ 1 μV, i_a: 0 dB ≙ 40 mA

Übertragungskurven für Signale mit den Frequenzen von 0,5 bis 6 MHz aufgetragen. Die Darstellung zeigt auch die Abhängigkeit des Videorauschabstands und der Dropouts vom gewählten Arbeitspunkt. Es ist zu erkennen, daß der optimale Rauschabstand etwa im Maximum der 3,7-MHz-Kurve (= Trägerfrequenz des 30%igen Graubildsignals, Mitte des statischen Hubbereichs) erreicht wird. Während der Videorauschabstand mit Erhöhung der Aufzeichnungsstromstärke wieder etwas ansteigt, bleibt die Dropoutrate konstant. Eine falsche Wahl des Arbeitspunktes kann auch über die TF-Übertragungskurve den Amplitudenfrequenz-

gang im Videokanal beeinflussen. Die erreichbaren videotechnischen Parameter werden in der Praxis maßgeblich vom jeweiligen Fernsehbandgerät beeinflußt und sind daher im Zusammenhang mit der Gerätetechnik zu sehen. Das trifft in besonderem Maße für die Dropoutrate zu, die durch folgende technische Daten des Fernsehbandgeräts direkt beeinflußt wird:

- Videokopfvorsprung, Videospurbreite;
- Videokopfscheibendurchmesser, konstruktive Gestaltung der Videokopfscheibe;
- Bandzugskräfte an der Videokopfscheibe;
- Arbeitsgeschwindigkeit der Videomagnetköpfe, TF-Übertragungsbereich für das Luminanz- und Chrominanzsignal;
- Art und Stabilität des Servosystems.

Dabei hängen die im Bild erkennbaren Störungen u. a. noch von den Begrenzereigenschaften im TF-Kanal und vom Vorhandensein bzw. vom Wirkungsprinzip einer Dropoutkompensation ab. Einige technische Gerätedaten, z. B. der Videokopfvorsprung, sind während der Betriebszeit des Geräts ständigen Veränderungen unterlegen.

Tabelle 4.3. Technische Daten der Videobandtypen *ORWO 640* und *ORWO 641*

	Typ 640	Typ 641
Breite in mm	$12{,}7 \begin{smallmatrix}+0\\-0{,}1\end{smallmatrix}$	
Konfektionierungslänge in mm	360 450	400
Dicke in μm	27	20
Maximale Zugkraft in N	$\geqq 50$	$\geqq 35$
Gesamtdehnung in %	$\leqq 0{,}8$	
Plastische Dehnung	$\leqq 0{,}04$	
Längskrümmung in mm/m	$\leqq 1{,}5$	
Querkrümmung in mm	$\leqq 0{,}25$	
Oberflächenwiderstand in Ω	$\leqq 5 \cdot 10^8$	
Koerzitivfeldstärke in $A \cdot cm^{-1}$	440 ± 40	
Relativer Aufzeichnungsstrombedarf S	$1{,}0 \pm 0{,}12$	
Relativer Rauschabstand in dB	$\leqq +2$	
Relative Vormagnetisierung V	$1{,}0 \pm 0{,}12$	
Relative Empfindlichkeit D_e in dB	$0 \pm 1{,}5$	
Relative Höhenempfindlichkeit D_h in dB	0 ± 2	
Klirrdämpfungsmaß in dB	$\geqq 26$	
Pegelabweichung in dB	± 1	

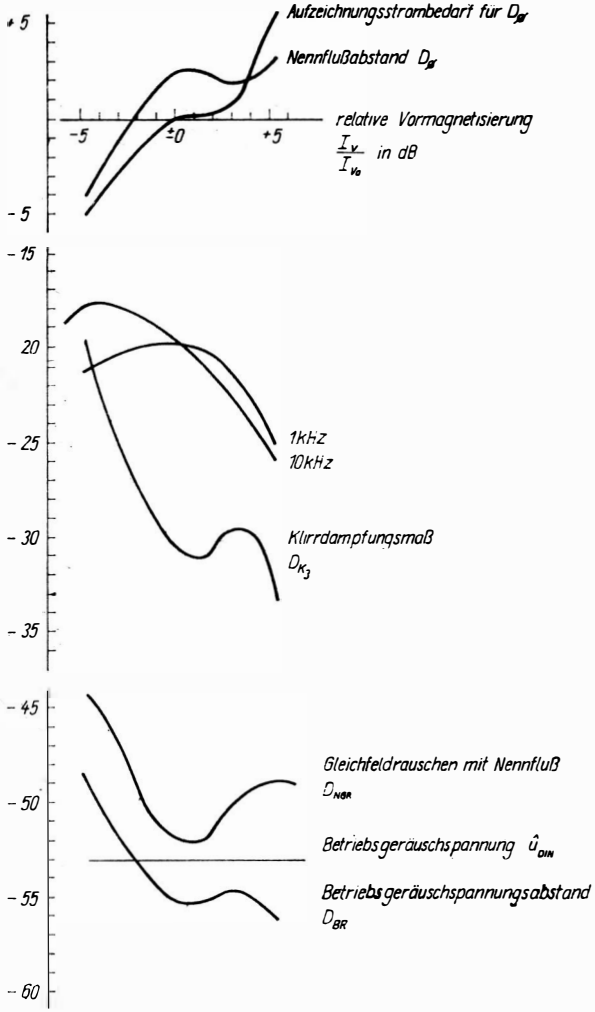


Bild 4.2 Elektroakustische Eigenschaften der Videobänder *ORWO 640* und *ORWO 641* als Funktion der relativen HF-Vormagnetisierung; Arbeitsgeschwindigkeit 190,5 mm · s^{-1}; Spaltweite des Aufzeichnungskopfs 4 μm nach *TGL 25 403/01*

Auf eine ausführliche Erläuterung der elektroakustischen Werte der Tabelle 4.3. wird hier verzichtet, da Aufzeichnungs- und Meßverfahren von den normalen Audiomagnetbändern bekannt sind. Bild 4.2 zeigt die Abhängigkeit der wesentlichen Parameter von der relativen Hochfrequenz-Vormagnetisierung des Magnetbands. Der Arbeitspunkt entspricht dem Maximum der 1-kHz-Kurve. Es wird ein ausgeglichener Amplitudenfrequenzgang, ein kleiner Klirrfaktor k_3 (D_{k3}-Kurve) und ein guter Dynamikumfang (Betriebsgeräuschspannungsabstand D_{BR} = Differenz zwischen dem Nennflußabstand $D\varnothing$ bei $k_3 = 5\%$ und der Betriebsgeräuschspannung $\widehat{U}_{DIN}$) erreicht. Das Gleichfeldrauschen mit Nennfluß als Maß für den Modulationsrauschabstand des Bandes erreicht auch etwa den maximalen Wert.

In der Kennwerttabelle wurden einige Daten, wie die Standbild- und Verschleißfestigkeit, nicht aufgenommen, da diese Eigenschaften im Gerätesystem beurteilt werden müssen. Die Optimierung dieser wichtigen Kenndaten hat bei der Entwicklung der Bandtypen *ORWO 640* und *ORWO 641* eine wesentliche Rolle gespielt. Beide *ORWO*-Bandtypen erreichen für die empfohlenen Fernsehbandgeräte optimale Werte. Mit dem sowjetischen Fernsehbandgerät Typ *501* wird eine Standbildfestigkeit $\geq$ 15 min und eine Verschleißfestigkeit $\geq$ 500 Durchläufe vom Hersteller angegeben, wobei auf den Einfluß der Recordereinstellungen und der Umweltbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit usw.) hingewiesen wird. Beide Bandtypen werden auf Spulen nach der RGW-Empfehlung *RS 4824-74* (3-zack-Aufnahmekern analog zu Spulentonbändern) geliefert.

5. Videomagnetköpfe

Die Videomagnetköpfe sind Bestandteil des Fernsehbandgeräts und im mechanischen Aufbau und in den elektrischen Anschlußdaten dem Gerätetyp angepaßt. Sie werden auf den Videokopfscheiben montiert und justiert (z. B. für *MTV 20*), auf kleinen Metallscheibchen vormontiert zum Anschrauben und nachträglichem Justieren auf der Videokopfscheibe (z. B. für Typ *501*) oder als steckbare Einheit (z. B. für 1-Zoll-Videorecorder *EL 3400*, Firma *Philips*) geliefert. Die Eigenschaften der Magnetköpfe begrenzen ebenso wie die der Magnetbänder die Übertragungseigenschaften, wobei die besonderen Schwierigkeiten in der Speicherung der hohen Frequenzen bzw. der kleinen Wellenlängen und in der geringen Spurbreite liegen. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Lebensdauer werden besondere Materialeigenschaften gefordert.

Für die Videosignalspeicherung sind verschiedene Ausführungsformen der Wandler möglich, die sich im Aufbau des magnetischen Kreises unterscheiden. Die Entwicklung der Kopfkonstruktion verlief vom zusammengesetzten zum einteiligen Kern, wie in Bild 5.1 dargestellt. Bei mehrteiligen Köpfen ist der Ferritkern mit metallischen Polschuhen versehen. Mehrteilige Videomagnetköpfe werden heute nur noch bei Studio-Fernsehbandgeräten eingesetzt. Für Amateur-Fernsehbandgeräte sind diese Köpfe wegen ihres komplizierten Aufbaus und der verhältnismäßig geringen

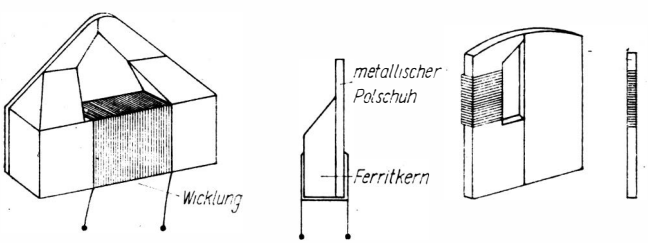


Bild 5.1 Aufbau von Videomagnetköpfen in ihren Kernen;
a — mehrteilig, b — einteilig

Tabelle 5.1. Einige magnetische und physikalische Eigenschaften von Magnetkopfmaterialien (Angaben der Firma *Matsushita*, Japan)

		Zusammensetzung	μ_a (D.C.)	μ_a (4 MHz)	H_c	B_{rs}	H_v	R
Einheit		%	—	—	10^{-2} A · cm^{-1}	10^{-4} Vs · m^{-2}		$\Omega \cdot$ cm^{-1}
Legierungen	Permalloy	Ni 79 Mo 4 Fe 17	20000	40*	4	8700	132	$55 \cdot 10^{-6}$
	Alfenol	Al 16 Fe 84	3000	30*	3,2	18000	350	$140 \cdot 10^{-6}$
	Sendust	Al 5,5 Si 10 Fe 84,5	30000	60*	4	11000	500	$80 \cdot 10^{-6}$
	gesintert	MnO 25 ZnO 10 Fe_2O_3 65	1000	—	40	3800	500	10^3
Ferrit	heiß gepreßt (Ferrit B)	MnO 15 ZnO 15 Fe_2O_3 70	2000	800	8	4000	650	10^2
	Einkristall	MnO 18 ZnO 14 Fe_2O_3 68	1000	500	16	3400	600	10^{-1}

μ_a — Anfangspermeabilität H_c — Koerzitivfeldstärke B_{rs} — remanente Sättigungsmagnetisierung
H_v — Vickershärte R — spezifischer Widerstand * — Testringdicke 0,2 mm

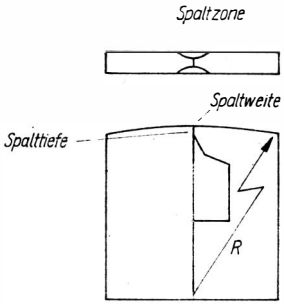


Bild 5.2
Aufbau eines modernen Videomagnetkopfs

Abriebfestigkeit ungeeignet. Hier werden einteilige Magnetköpfe aus Einkristallferrit oder heiß gepreßtem Ferrit eingesetzt. Mit Reduzierung der Spurbreite (beim Betamax-System 30 μm Spurbreite) wurde zur Verbesserung der magnetischen Übertragungseigenschaften und der Abriebfestigkeit die Spaltzone nach Bild 5.2 gestaltet. Das Kernmaterial ist breiter als die Spurbreite und wird in der unmittelbaren, eng begrenzten Spaltzone auf die Spurbreite (z. B. bei den Köpfen des Typs *MTV 20*) bzw. bei Recordern mit definierter Spaltschiefstellung zwischen beiden Köpfen etwas breiter als die Spurbreite (z. B. bei beiden Köpfen des Typs *SVR 4004* der Firma *Grundig* auf 70 μm für eine Spurbreite von 51 μm) ausgearbeitet. Einige wesentliche magnetische und physikalische Eigenschaften von Magnetkopfmaterialien sind in Tabelle 5.1. zusammengestellt. In Tabelle 5.1. sind auch Materialien berücksichtigt, die für Audiomagnetköpfe eingesetzt werden.

Die verschiedenen Verluste bei Aufzeichnung und Wiedergabe sind fast ausschließlich eine Funktion der Aufzeichnungswellenlänge bzw. der Frequenz (Wirbelstromverluste). Von diesen Verlusten fallen die Abstandsverluste bei kurzen Wellenlängen besonders ins Gewicht, bedeutet doch ein Abstand von 0,1 μm bei $\lambda = 1$ μm bereits einen Pegelverlust um 6 dB. Für die magnetische Videosignalspeicherung ist daher ein besonders guter Band-Kopf-Kontakt notwendig. Er wird durch die Kopftrommelgestaltung, das Herausragen des Videokopfs aus der Kopftrommeloberfläche von etwa 50 μm und durch eine hohe Oberflächengüte gewährleistet. Das Band verformt sich in der Kopfkontaktzone. Aus Gründen guter magnetischer Aufzeichnungs- und Wiedergabeeigenschaften der Videoköpfe beträgt die Spalttiefe etwa 30 bis

50 μm, die im Laufe der Betriebszeit abgetragen werden. Dabei verändern sich die magnetischen Kopfeigenschaften (Induktivität, Aufzeichnungs- und Wiedergabeempfindlichkeit) und die Kontakteigenschaften (Ansteigen der Dropoutrate, Verringerung des Videorauschabstands). Bei den von Bandherstellern propagierten Abrasivitätswerten von 0,05 bis 0,1 μm Materialabtrag je Stunde Spielzeit läßt sich die Videokopflebensdauer von 300 bis 1000 Stunden errechnen.

Moderne Videomagnetköpfe sind sehr hart (Tabelle 5.1.), schmal und spröde. Es kann daher bei unsachgemäßer Behandlung zum Ausbrechen von Teilstücken des Kopfes oder sogar zum Abbrechen der Videokopfscheibe, d. h. zum vorzeitigen Ausfall des Videokopfs kommen. Die Spaltzonenoberfläche ist besonders oberflächenvergütet, zum Teil mit harten nichtmagnetischen Stoffen. Der Videomagnetkopf (Bild 5.2) besteht aus Teilen, die nach Oberflächenvergütung mit Chrom oder einem anderen Luftspaltmaterial im Block (Bild 5.3) bedampft und mit Kunststoffkleber verbunden werden bzw. die mit Glaslot, das dann auch das Spaltmaterial bildet, verklebt werden. Die so entstandenen Blöcke

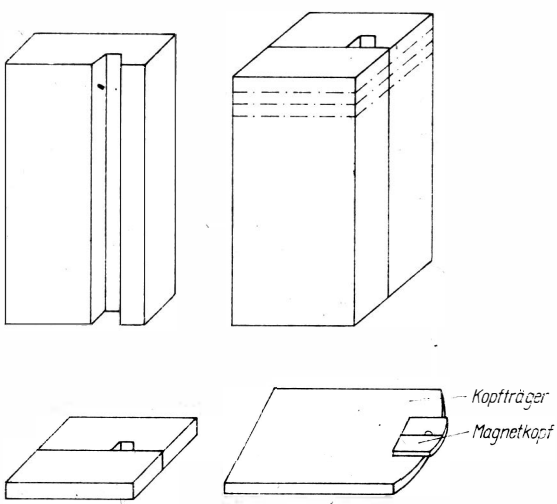


Bild 5.3 Herstellungsgang eines Einkristallkerns für einen Videomagnetkopf

werden dann in dünne Scheibchen geschnitten, die auf die erforderliche Dicke abgearbeitet werden. Beim Verkleben mit Glaslot erhält man eine gute Festigkeit und gleichmäßige Abnutzung für Ferrit- und Spaltmaterial. Vom Spaltmaterial werden u. a. auch gleiche Ausdehnungskoeffizienten gefordert. Für die Spaltweite des Videokopfs wird etwa 0,7 μm gewählt, das bedeutet für $\lambda = 2\ \mu$m einen Spaltdämpfungsverlust von etwa 2 dB bzw. für $\lambda = 1{,}5\ \mu$m einen Spaltdämpfungsverlust von etwa 3,5 dB. Abweichungen zu höheren Spaltweiten bedeuten hohe Spaltverluste (Bild 1.4, Bild 1.5), Abweichungen zu kleineren Spaltweiten vermindern die Wiedergabespannung.

LEER

1. Auflage, 1979, 1.—20. Tausend
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5
LSV: 3539
Lektor: Dipl.-Phys. Hans-Joachim Mönig
Zeichnungen: Karin Lehnigk
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Michael Haase
Vorauskorrektor: Ilse Fähndrich · Korrektor: Marion Süß
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam
Redaktionsschluß: 21. Mai 1979
Bestellnummer: 746 131 4
DDR 1,90 M